УЛЬЯНОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ имени И. Н. УЛЬЯНОВА

УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ

ТОМ 11

ВЫПУСК 1

УЛЬЯНОВСК
1958

УЛЬЯНОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ имени И. Н. УЛЬЯНОВА

УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ

ТОМ II

ВЫПУСК I

УЛЬЯНОВСК
1958

УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ УЛЬЯНОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
ПЕДАГОГИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА имени И. Н. УЛЬЯНОВА
Том II, вып. 1. 1958 г.

Ботаника

В. В. БЛАГОВЕЩЕНСКИЙ

БОРЫ БЕЛОМОШНИКИ ПРАВОБЕРЕЖНОЙ ЧАСТИ УЛЬЯНОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Основная особенность сосновых лесов беломошников или, точнее, лишайниковых боров заключается в доминировании в напочвенном покрове различных видов лишайников, преимущественно из рода Cladonia при наличии разреженного древостоя. Нужно сказать, что в термин «бор беломошник» различные ботаники и лесоводы вкладывают несколько неодинаковый смысл. Есть ботаники, которые считают сосняк беломошник ассоциацией (Марков М. В., 1948), но для большинства ботаников сосновые леса беломошники — это группа ассоциаций. В практике лесоводства боры беломошники чаще всего описываются как тип леса, но есть на этот счет и другие взгляды. Так, Воробьев Д. В. (1953) отмечает, что обилие под пологом сосны лишайников не может быть основанием для отнесения всех этих лесов к одному типу, так как лишайники, в частности, кустистые лишайники из рода Cladonia при любой влажности почвы могут быть обильные и могут господствовать в покрове.

Исходя из этого, он распределяет боры беломошники между всеми типами лесного участка — A_1 (сухой бор), A_2 (свежий бор), A_3 (влажный бор) и A_4 (сырой бор). В этом есть известная доля истины, так как боры беломошники различных географических зон неидентичны, в том числе и с лесохозяйственной точки зрения. Но по типологии Д. В. Воробьева (которая, собственно, есть типология П. С. Погребняка) получается, что, например, в лесной зоне боры беломошники и боры зеленомошники попадают в один тип леса. Это вряд ли можно признать правильным, но в данном случае проявляются общие недостатки лесотипологической классификации П. С. Погребняка.

Мы считаем, что с геоботанической точки зрения сосновые леса беломошники следует рассматривать только как группу ассоциаций, так как они имеют очень широкое географическое распространение и потому весьма изменчивы. Сильная географическая изменчивость сосняков беломошников особенно подчеркивалась В. В. Алехиным (1951) и она отмечается многими другими исследователями (А. М. Семенова-Тян-Шанская, 1956, Д. В. Воробьев, 1953 и др.).

Сосновые леса беломошники широко распространены в лесотундре (где они постепенно переходят в лишайниковые тундры) и северной части лесной зоны, весьма часто они встречаются в средней и южной частях лесной зоны, а также в лесостепи. Всеми исследователями отмечается приуроченность лишайниковых боров к более возвышенным местам, обычно с всхолмленным рельефом и глубоким положением уровня грунтовых вод. Такой приуроченности, правда, не наблюдается в северной части лесной зоны и лесотундре.

Настоящая работа посвящена изучению сосновых лесов беломошников правобережной части Ульяновской области. Среди чистых сосняков в Ульяновской области преобладающее значение имеют боры зеленомошники, весьма часто встречаются травяные боры, но и удельный вес сосняков беломошников тоже весьма велик.

В литературе иногда дается не совсем правильное утверждение о распространении сосняков беломошников в Ульяновской области и на Приволжской возвышенности вообще. Так Л. Н. Калашников (1929) отмечает сравнительно редкую встречаемость для Кузнецкого округа боров беломошников, также нами раньше было указано, что на Южноульяновском водоразделе эти леса встречаются обычно небольшими участками (В. В. Благовещенский, 1951). Но подобные утверждения возникли в свое время благодаря недостаточной изученности растительности Ульяновской области, когда исследовались отдельные небольшие районы. Но с другой стороны имеется противоположное утверждение И. С. Сидорука, (1953), что в районе Среднего Поволжья (под которым он почему-то понимает лишь Куйбышевскую и Ульяновскую области), лишайниковые боры наблюдаются чаще мшистых (т. е. зеленомошников). Это утверждение совершенно неправильное, во всяком случае по отношению к Ульяновской области.

Знакомство со всей растительностью Ульяновской области, в частности, ее правобережной части, показывает, что сосновые леса беломошники в настоящий момент достаточно

широко распространены и местами занимают весьма большие площади, но все же они значительно уступают по распространенности травяным и зеленомошным борам, в особенности последним.

В Ульяновской области сосновые леса беломошники тоже приурочены к возвышенным положениям, часто сильно всхолмленным. Но нам приходилось видеть большие площади боров беломошников и на возвышенных плакорных положениях.

В некоторых случаях наблюдается строгая приуроченность беломошников к вершинам холмистых возвышений или древних дюн и южным склонам, когда на окружающих более пониженных территориях почвы увлажненнее и заняты другими лесными типами. Тогда беломошники имеют вид отдельных небольших пятен и не занимают сплошных площадей. Территориально сосняки беломошники сосредоточены в тех районах Ульяновской области, где вообще преобладают сосновые леса (Инзенский, Карсунский, Сурский, Барышский, Вешкаймский, Кузоватовский, Барановский, Ново-Спасский и частично некоторые другие). Это районы распространения третичных палеогеновых песков или древнеаллювиальных песков по реке Суре.

Сосновые леса беломошники Ульяновской области не подвергались до недавнего времени специальному изучению. В работах по растительности Ульяновской области о них обычно поминается лишь вскользь и не дается специальных описаний (С. Коржинский, 1891, Л. Калашников, 1927, 1929, В. И. Смирнов, 1903, Келлер Б. А., 1921). Только в работе Г. Гроссета (1932) приводится несколько описаний боров беломошников, но он своими исследованиями захватил лишь часть области. Наконец, общая характеристика боров беломошников имеется у Крюденера (1910), которая, разумеется, представляет интерес. Но это характеристика только лесоводственная и в настоящий момент в значительной степени устаревшая, к тому же конкретных описаний он не приводит.

В связи с геоботаническим изучением сосновых лесов Ульяновского правобережья Волги, нами специально исследовались и сосновые леса беломошники в течение целого ряда лет (с 1947 г. по 1956 г.). В результате был собран значительный материал, который мы сейчас и пытаемся обобщить. В данной статье выясняются лишь основные особенности боров беломошников, именно дается характеристика ассоциаций и разбирается вопрос о происхождении боров беломошников. Но ряд вопросов еще ждет своего разрешения, а некоторые вопросы тре-

буют дальнейшего исследования (например, вопрос о ходе естественного возобновления сосны).

Во всех работах по растительности Ульяновской области, где упоминаются боры беломошники, последние характеризуются как единая ассоциация или как единый тип леса (Крюденер, 1910), причем часто даже не дается подробного описания. В описаниях Крюденера некоторые места вызывают большие сомнения в смысле достоверности фактов. Так Крюденер отмечает значительное участие в травяном покрове боров беломошников и вырубок из под них белоуса (Nardus stricta). Это безусловно является ошибкой. В Ульяновской области белоус встречается крайне редко, он нами встречен лишь несколько раз и ни разу не отмечен в сосновых лесах. Повидимому, то же наблюдается в Пензенской, Куйбышевской и Саратовской областях.

Собранные нами данные позволяют дать более обстоятельную характеристику борам беломошникам Ульяновской области и подойти к ним дифференцированно. Как уже отмечалось, мы рассматриваем боры беломошники как группу ассоциаций. Общая характеристика этой группы ассоциаций для Ульяновской области будет такова. Боры беломошники имеют всегда чистый сосновый древостой, если и имеется примесь березы или осины, то она очень незначительна. Древостой во всех случаях сильно (нередко очень сильно) разрежен, полнота его в среднем 0,4—0,5 (редко несколько выше, но часто доходит до 0,2).

В связи с сильной разреженностью древостоя среди леса много безлесных полян, подчас весьма крупных. Разреженность древостоя есть следствие неполного возобновления вырубок сосной.

Чрезвычайно характерным для Ульяновской области является то, что здесь в сосновых лесах беломошниках всегда имеется лишь молодой древостой, редко средневозрастный и нам ни разу не приходилось видеть типично выраженных беломошников со вполне взрослым (приспевающим или спелым) древостоем. Анализ причин этого факта будет дан ниже.

Кустарниковый ярус в сосновых лесах беломошниках всегда не выражен, но обычно встречаются отдельные экземпляры кустарников (ракитника русского, дрока красильного). Травяной ярус сильно (нередко очень сильно) разрежен, но чаще всего он все-таки имеется (некоторые исследователи утверждают, что в сосняках беломошниках травянистого яруса вообще нет, с этим согласиться нельзя). Основная особенность тра-

вянистого яруса — его большая или меньшая остепненность, но чаще наблюдается умеренное или даже слабое остепнение, причем преобладают виды песчаной степи. Но особенно характерным для боров беломошников является наличие ясно выраженного яруса лишайников. Правда, в отличие от таежной полосы у нас сравнительно редко можно видеть сплошной покров из лишайников. Но нам все же приходилось встречать, когда покрытие лишайниками почвы доходит до 90%. Чаще, однако, лишайники покрывают почву на 40—60%. Из лишайников преобладают виды из рода Cladonia, но встречаются представители и других родов (например Cetraria). Очень типичным для многих участков бора беломошника является присутствие сплошного или почти сплошного ковра из кукушкина льна волосоносного (Polytrichum piliferum). Высота кукушкина льна очень небольшая — 1—3 см, но нередко он затягивает все свободные промежутки между лишайниками и травянистыми растениями.

Принято считать, что сосняки беломошники это всегда двухярусные насаждения (Алехин В. В., 1951). Иногда это действительно так, когда под пологом сосны имеется только сплошной лишайниковый покров (повидимому для таежной полосы это наиболее типичный случай). Но, во всяком случае в Ульяновской области, сосняк беломошник может быть трехярусный (сосна—травянистые растения—лишайники) и четырехярусный (сосна—травянистые растения—лишайники—кукушкин лен). Трехярусное сложение будет и в том случае, если имеются сосна—лишайники—кукушкин лен.

Таким образом, при многоярусном сложении у сосняков беломошников большая часть ярусов сосредоточена в припочвенном слое, тогда как в других типах соснового леса большая часть ярусов находится высоко над поверхностью почвы, так как они образованы деревьями и кустарниками. Это, безусловно, связано с сильной осветленностью соснового леса беломошника, а также с неблагоприятными почвенными условиями для древесных и кустарниковых пород (бедность и сухость почвы).

Как уже отмечалось, для Ульяновской области сосняки беломошники описывались просто как Pinetum cladinosum. Но в целом для Европейской части СССР В. В. Алехин (1951) разработал подразделение сосновых лесов беломошников на ряд географически замещающих ассоциаций. Именно он различает следующий климатический северо-южный ряд ассоциаций бора беломошника:

1. Лишайниковые боры северные (Pinetum cladinosum boreale).

2. Лишайниковые боры переходные к северным (Pinetum cladinosum subboreale).

3. Лишайниковые боры типичные (Pinetum cladinosum typicum).

4. Лишайниковые боры слабо остепненные (Pinetum cladinosum substepposum).

5. Лишайниковые боры южные, сильно остепненные (Pinetum cladinosum stepposum).

Изучение боров беломошников Ульяновской области показало, что здесь встречаются две ассоциации: бор беломошник остепненный (Pinetum cladinosum substepposum) и бор беломошник степной (Pinetum cladinosum stepposum)). Из них наибольшим распространением пользуется бор беломошник остепненный, который характеризуется средним или слабым остепнением, причем в образовании травянистого яруса здесь принимают участие лишь представители песчаной степи, а более типичных степных растений, вроде ковылей, здесь нет. Бор беломошник степной встречается довольно редко и занимает небольшие площадки. Он характеризуется наличием наряду с представителями песчаной степи таких характерных степных растений, как ковыли.

Кроме этих двух ассоциаций бора беломошника в правобережной части Ульяновской области встречается ассоциация экологически близкая к бору беломошнику и иногда генетически связанная с ней — это бор ландышевый (Pinetum convallariosum). Ландышевый бор встречается довольно часто, бывает хорошо выражен и нередко занимает довольно большие площади.

Ниже дается характеристика указанных выше ассоциаций соснового леса беломошника, а также связанной с ними ассоциации ландышевого бора.

Бор беломошник остепненный

Это самая распространенная ассоциация бора беломошника в правобережной части Ульяновской области. Иногда она занимает сплошные большие площади (особенно большие площади, занятые этой ассоциацией, нам удалось видеть в Инзенском районе в окрестностях пос. Глотовки), иногда располагается отдельными более или менее крупными пятнами среди других типов соснового леса. Почти всегда бор беломошник остепненный находится или же среди соснового леса зеленомошника или же среди соснового леса травяного. В значительно более редких случаях его удавалось видеть среди сосново-широколиственного леса.

Интересно, что эта ассоциация в ряде случаев занимает возвышенные плакорные положения и тогда она нередко наблюдается на очень больших площадях. Напротив, когда ассоциация занимает вершины холмов и их южные склоны, то она представлена более или менее крупными пятнами. Среди этих лесов часто наблюдаются безлесные поляны различной величины, занятые ассоциациями песчаной степи или же вейниковыми (с Calamagrostis epigeios) ассоциациями. Это будут старые необлесившиеся вырубки.

Для данной ассоциации особенно характерно наличие в травянистом ярусе в различном обилии растений песчаной степи и отсутствие более типичных степных растений. Лишайниковый покров развит хорошо, но чаще он не бывает сплошным и лишайники покрывают почву на 50—60—70%. Лишайниковый покров образован преимущественно Cladonia silvatica и Cladonia rangiferina, причем чаще преобладает первая. Cladonia alpestris встречается редко. Еще иногда, и в большом обилии, можно видеть Cladonia fimbriata. Из других лишайников следует отметить Cetraria islandica, которая в некоторых случаях достигает значительного обилия.

Приведем некоторые конкретные описания бора беломошника остепненного.

Описание № 5 20/VII-56 г.

Лес к западу от пос. Глотовки, Инзенского района, Ульяновской области.

Рельеф — возвышенный волнистый водораздел между р. Юловкой и р. Сюксюм. Рельеф участка ровный.

Почва песчаная, скрытоподзолистая.

Древесный ярус: 10 С; ср. диаметр = 7 см. ср. высота = 5 — 6 м. Встречаются единично более крупные сосны с диаметром 45 см и высотой 25—30 м. Сомкнутость крон 0,2.

Имеется сосновый подрост. На стометровой площадке зарегистрировано 28 экземпляров подроста. Подрост разновозрастный, его высота от 15 см до 175 см. В целом возобновление довольно хорошее, подрост б. ч. благонадежный. Интересно, что подрост здесь чаще располагается на открытых местах, а не под деревьями.

Ярус кустарников отсутствует, только единично встречаются ракитник русский и дрок красильный.

Травянистый ярус:[1]

COP¹—COP²: тонконог сизый.

COP¹—CUM: ландыш.

SP: полынь Маршалла, василек Маршалла.

SOL: цмин песчаный, ястребинка синяковидная, сон-трава, ластовень степной, герань кровяно-красная, рамишия однобокая, тимофеевка степная, смолка обыкновенная, щавелек, фиалка собачья, вейник наземный, зверобой продырявленный.

UN: гвоздика песчаная, смолевка мелкоцветковая, змееголовник Рюйша, лапчатка песчаная.

Кроме того, за пределами площадки встречены: овсяница Беккера, купена лекарственная, заячья капуста, вяжечка гладкая, лапчатка серебристая, колокольчик персиколистный, фиалка каменистая.

Покрытие травяного яруса 10—15%.

Ярус лишайников:

COP²: Cladonia silvatica.

COP¹: Cladonia rangiferina.

SOL: Cladonia alpestris.

Лишайники покрывают почву на 60%.

Моховой ярус образован исключительно кукушкиным льном волосоносным (Polytrichum piliferum), его обилие COP², он покрывает почву на 40%.

Характерно, что рамишия однобокая (растение бора зеленомошника) и частично ландыш встречаются только под более крупными соснами, а не на открытых местах.

Описанная ассоциация занимает очень большую площадь и всюду остается чрезвычайно однообразной. Возобновление сосны в целом удовлетворительное, но много мест, где возобновления сосны нет и имеются лишь лишайниковые поляны.

Описанный участок ассоциации бора беломошника остепненного отличается довольно сильным остепнением. Растения песчаной степи здесь достаточно обильны и довольно многочисленны. Но имеются участки этой ассоциации, где остепнение значительно более слабое. Ниже дается описание такого участка.

[1] По техническим причинам при описании ассоциаций не приводится латинских названий растений (кроме мхов и лишайников). Русские названия растений даются по «Флоре средней полосы Европейской части СССР» П. Ф. Маевского, 8-е издание, М.—Л., 1954.

Описание № 18 1/VIII-51 г.

Лес к западу от с. Акшуат, Барышского района, Ульяновской области.

Возвышенный водораздел между притоками р. Чечеры с рельефом слегка бугристым. Ассоциация занимает более возвышенное место по сравнению с окружающими территориями.

Почва песчаная, скрытоподзолистая.

Древесный ярус: 10 С; ср. диаметр = 6 см, ср. высота = 3 — 4 м. Сомкнутость крон 0,4.

Ярус кустарников не выражен, имеются отдельные кусты рябины и ракитника русского.

По участку разбросаны полуразрушившиеся крупные сосновые пни с диаметром до 30—40 см.

Травянистый ярус:

SP: ландыш, купена лекарственная.

SOL: сон-трава, ястребинка зонтичная, осока корневищная, вероника колосистая, смолевка мелкоцветковая.

UN: золотая розга.

За пределами площадки встречены: вейник наземный, вейник тростниковидный, цмин песчаный.

Покрытие травяного яруса 10%.

Лишайниковый ярус хорошо выражен, он образован Cladonia silvatica. Лишайники покрывают почву до 65—70%. За пределами площадки встречается много Cladonia fimbriata.

Имеются пятна кукушкина льна волосоносного.

За пределами площадки отдельные пятна зеленых мхов.

Описанный участок ассоциации примыкает к сосновому лесу зеленомошнику. Наличие крупных сосновых пней на этом участке и произрастание, хотя и редкое, зеленых мхов свидетельствуют о том, что здесь был раньше (до рубки) бор зеленомошник.

В других случаях бор беломошник остепненный с таким же малым участием растений песчаной степи может располагаться среди травяного бора. Приведем описание такого участка.

Описание № 21 22/VII-49 г.

Лес к востоку от с. Тепловки, Николаевского района, Ульяновской области.

Рельеф — склон возвышенного водораздела к р. Сызрани. Рельеф участка — склон с экспозицией на юго-запад и углом 10—15°.

Почва песчаная, скрытоподзолистая.

Древесный ярус: 10 С. Древостой очень разновозрастный: много молодых сосен с диаметром 6—7 см и высотой 4—5 м, но есть сосны крупнее с диаметром 18—20 см и высотой 10—12 м. Иногда встречаются еще более крупные сосны с диаметром до 30 см. Сомкнутость крон 0,4—0,5. Подроста сосны нет. Яруса кустарников нет.

Травянистый ярус:

SP: купена лекарственная, осока корневищная.

SOL: сон-трава, ястребинка зонтичная, ластовень степной, овсяница Беккера, наголоватка васильковая, золотая розга.

Покрытие травяного яруса 5%.

Лишайниковый ярус:

COP²: Cladonia silvatica, Cladonia rangiferina.

Лишайники покрывают почву на 60—65%. Имеются небольшие пятна зеленых мхов (Pleurozium Schreberi).

Многочисленные участки бора беломошника, подобные описанному, располагаются среди сухого травяного бора, где часто доминирует вейник наземный. При этом интересно, что участки бора боломошника находятся на совершенно таких же ровных площадках, как и участки травяного бора, причем сомкнутость крон и в травяном и в лишайниковом бору примерно одинаковая (0,5—0,6). Но в лесу много и пятен зеленых мхов. Безусловно исходным здесь всюду был сосняк зеленомошник.

Из приведенных описаний можно видеть, что ассоциация сосновый лес беломошник остепненный не вполне однородна и в пределах ее можно выделить ряд субассоциаций, во всяком случае две. Первая субассоциация отличается значительным остепнением (как в описании № 5). Она появляется на более выравненных местах в том случае, когда вырубаются большие площади леса и почва значительно иссушается. Также она наблюдается менее крупными участками при всхолмленном рельефе. В свою очередь данная субассоциация распадается на ряд вариантов в зависимости от доминирования тех или иных песчаностепных растений. Чаще всего основным доминантом является тонконог сизый, но доминантами также могут быть овсяница Беккера, тимофеевка степная и некоторые другие растения. Другая субассоциация отличается слабым остепнением (как в описаниях № 18 и № 21), она чаще всего представлена отдельными участками, располагающимися среди соснового леса зеленомошника или среди соснового леса травяного.

Бор беломошник степной

Данная ассоциация в правобережной части Ульяновской области встречается редко и не занимает больших площадей. Она приурочена на водоразделах к вершинам и южным склонам крупных холмов, а в долине р. Суры к вершинам и южным склонам высоких древних дюн.

Отличительная особенность ассоциации — наличие, наряду с растениями песчаной степи, типичных степных растений, в особенности ковыля. Приведем описание участка этой ассоциации.

Описание № 4 20/VII-47 г.

Лес к северу от с. Белый Ключ, Сурского района, Ульяновской области.

Надпойменная терраса р. Суры. Древняя дюна, вытянутая с юго-запада на северо-восток. Ассоциация занимает вершину дюны.

Почва песчаная, скрытоподзолистая, сухая.

Древесный ярус: 10 С; ср. диаметр = 6—8 см, ср. высота = 6—7 м.

Сомкнутость крон 0,6.

Кустарниковый ярус отсутствует, только единично встречается ракитник русский.

Травянистый ярус:

COP^1: ковыль перистый.

SP: овсяница Беккера, тонконог сизый, сон-трава, лапчатка песчаная.

SP—GR: рамишия однобокая.

SOL: василек Маршалла, ястребинка синяковидная, качим метельчатый, гвоздика песчаная, вейник наземный.

Ярус лишайников хорошо выражен, он образован Cladonia silvatica. Лишайники покрывают почву на 60%. Имеется кукушкин лен волосоносный (Polytrichum piliferum), но он покрывает почву лишь на 10%.

Площадка для описания данного участка ассоциации была заложена в молодом и достаточно густом сосняке. Но на окружающих более осветленных участках и полянах хотя лишайники сохраняются, примерно в том же обилии, но остепнение увеличивается. Здесь встречаются в большом обилии ковыль перистый (обилие его доходит до COP^3, и в этом случае обилие лишайников становится раза в три меньше), качим метельчатый, гвоздика песчаная, овсяница Беккера.

Разумеется между бором беломошником остепненным и бором беломошником степным имеются многочисленные переходы. Дальнейшие исследования возможно позволят установить и другие ассоциации лишайниковых сосновых лесов для Ульяновской области.

Как уже говорилось прежде, с сосновыми лесами беломошниками экологически и генетически тесно связаны боры ландышевые. Эта связь впервые была подчеркнута В. В. Алехиным (1951) на основании исследований в Горьковской области и на востоке Московской области. Наши исследования вполне подтверждают эту связь. В Ульяновской области ландышевые сосняки встречаются довольно часто и иногда даже занимают большие площади. Но в целом по распространенности они сильно уступают борам беломошникам. Ландышевые боры в общем встречаются в тех же условиях рельефа, что и сосновые леса беломошники. Часто они наблюдаются в несколько более пониженных условиях рельефа, чем прилегающие боры беломошники. Могут лишайниковые боры и ландышевые боры находиться в одинаковых условиях рельефа, но в этом случае древостой у первых молодой, а у вторых взрослый. Иногда вблизи ландышевых боров нет сосновых лесов беломошников, но они занимают такое положение в рельефе, которое характерно для боров беломошников. Бросается в глаза, что типично выраженные ландышевые боры имеют всегда, в отличие от боров беломошников, вполне взрослый сосновый древостой. Приведем некоторые описания ландышевых боров:

Описание № 19 3/VIII-48 г.

Лес к западу от пос. Глотовки, Инзенского района, Ульяновской области.

Рельеф — возвышенный водораздел между р. Юлово и р. Сюксюм. Рельеф участка ровный.

Почва песчаная, скрытоподзолистая.

Древесный ярус: 10 С, ср. диаметр = 30 см., ср. высота = 20—25 м. Сомкнутость крон 0,5. В лесу произведены выборочные рубки, так как часть сосен вырублена.

Ярус кустарников отсутствует. Единично встречаются ракитник русский, рябина, дрок красильный.

Имеется хорошее возобновление сосны. На стометровой площадке зарегистрировано 103 экземпляра подроста сосны, его высота от 40 см. до 3 м. Большая часть подроста благонадежная, но некоторые экземпляры подроста неблагонадежны и даже засыхают.

Травянистый ярус:

COP[2]: ландыш.

COP[1]: купена лекарственная.

SP: сон-трава, марьянник луговой.

SP—GR: кошачья лапка.

SOL: герань кровянокрасная, ястребинка зонтичная, вероника колосистая, земляника, золотая розга, пазник крапчатый, вейник тростниковидный, порезник промежуточный, фиалка каменистая, василек Маршалла, зверобой продырявленный, фиалка собачья, зимолюбка зонтичная, тысячелистник обыкновенный, осока корневищная, полевица обыкновенная, рамишия однобокая.

Кроме того, за пределами площадки отмечены: колокольчик персиколистный, ястребинка синяковидная, заячья капуста, ожига волосистая, костяника, грушанка зеленоватая.

Покрытие травяного яруса 30—35%.

Моховой ярус не выражен, имеются лишь отдельные пятна Pleurozium Schreberi.

Во многих местах в этом лесу подрост сосны такой же хороший, как и на описанной площадке, но на некоторых участках подроста нет совсем.

Если проанализировать состав травяного яруса описанного участка ассоциации, то можно видеть, что здесь больше растений лиственных лесов, имеются растения сосняков зеленомошников ,а растений боров беломошников мало. Но связь с борами беломошниками здесь все же несомненна. Рядом с описанным участком ассоциации располагается сосняк беломошник, который занимает несколько более повышенное место. Но в других случаях связь ландышевых и лишайниковых боров еще более очевидна, что иллюстрируется нижеследующим описанием.

Описание № 14 26/VII-56 г.

Лес к западу от пос. Глотовки, Инзенского района, Ульяновской области.

Рельеф — возвышенный пересеченный водораздел между р. Юловкой и р. Сюксюмом. Рельеф участка — склон с экспозицией на юг и углом 20—25°.

Почва скрытоподзолистая, песчаная, со щебенкой.

Древесный ярус: 10 С; ср. диаметр = 35 см., ср. высота = 25—30 м. За пределами площадки единично встречается береза. Сомкнутость крон 0,6.

Подрост сосны приурочен главным образом к окнам, на стометровой площадке зарегистрировано 17 экземпляров под-

роста, его высота от 1 м. до 2,5 м. Единично встречаются всходы сосны.

Травянистый ярус:

COP[2]: ландыш.

SP: папоротник орляк, герань кровяно-красная, марьянник луговой.

SP—GR: кошачья лапка.

SOL: осока корневищная, ястребинка зонтичная, овсяница Беккера, пазник крапчатый, сон-трава, купена лекарственная, фиалка каменистая, наголоватка васильковая, золотая розга, вейник тростниковидный, ястребинка синяковидная.

UN: грушанка зеленоватая, вероника колосистая.

За пределами площадки кроме того встречены: рамишия однобокая, гвоздика песчаная, лапчатка песчаная, гвоздика полевая, смолевка мелкоцветковая, заячья капуста, костяника, ястребинка волосистая, зверобой продырявленный, ластовень степной.

Покрытие травяного яруса 15—20%.

Моховой ярус не выражен, имеются только отдельные пятна Pleurozium Schreberi, Dicranum undulatum. Имеются кустики Cladonia.

По сравнению с ранее описанным участком ассоциации здесь присутствуют такие растения, свойственные борам беломошникам, как овсяница Беккера, наголоватка васильковая, ястребинка синяковидная, смолевка мелкоцветковая, полынь Маршалла и некоторые другие. Но особенно важно присутствие пятен Cladonia. Нужно сказать, что на других участках ландышевого бора пятен лишайников иногда наблюдается гораздо больше. В. В. Алехин (1951) указывает, что в Горьковской области имеются ландышевые боры, в которых наряду с ярусом ландыша выражен ярус лишайников. Нам такой картины в Ульяновской области наблюдать не приходилось, хотя возможно такого рода леса встречаются и у нас (довольно большое обилие ландыша в борах беломошниках — это самое обычное явление). Но и обнаруженные ландышевые боры показывают явную близость к борам беломошникам.

Из приведенных описаний можно видеть, что в Ульяновской области наибольшим распространением пользуются сосновые леса беломошники остепненные, а не сосняки беломошники степные. Об'яснение этому факту может быть такое. На Ульяновском правобережье Волги районы распространения сосновых лесов — это районы в прошлом совершенно лесные, и здесь раньше были широко распространены типичные зеленомошни-

ки с характерными боровыми элементами (В. В. Благовещенский, 1955). Проникновение степных форм на эти территории было связано исключительно с деятельностью человека, в частности, с рубками леса. Поэтому при формировании боров беломошников сильного остепнения произойти, как правило, не могло. Боры беломошники степные возникали обычно тогда, когда по соседству располагались и в прошлом лесостепные территории (как например, в Сурском районе).

После знакомства с ассоциациями бора беломошника следует остановиться на вопросе о происхождении сосновых лесов беломошников в правобережной части Ульяновской области и на Приволжской возвышенности вообще. Вопрос этот важен не только теоретически, но имеет и большое практическое значение, так как от решения его зависит подход к данному типу леса с хозяйственной точки зрения.

Соображения о происхождении лишайниковых ковров были высказаны в свое время Аренсом Л. Е. (1940) .Аренс считает, что центром распространения лишайников явилась хвойная зона, правда, центр этот был повидимому вторичный, из которого лишайники расселились на север в тундру и на юг в область смешанных и лиственных пород. Первичным центром распространения лишайников Аренс предположительно считает альпийские области, из этого центра лишайники двигались вслед за отступающим ледником к северу и на освободившихся от ледникового покрова и покрывшихся лесом пространствах и возник вторичный центр. Эти соображения Аренса нам кажутся в общем весьма правдоподобными, но Аренс не коснулся вопроса, как расселялись лишайники

Повидимому в тундре, лесотундре и частично в северной части таежной зоны лишайники сразу могли себе найти благоприятные местообитания и занять их. В этих областях условия местообитания часто не вполне благоприятны для произрастания древесных пород, что вызывает формирование более или менее редкостойных насаждений. Такие леса могли беспрепятственно заселяться светолюбивыми лишайниками. Однако, по нашему мнению, распространение лишайников к югу, а в значительной степени и по самой таежной зоне, было связано главным образом с деятельностью человека. При вырубании лесов на песчаных местообитаниях, в особенности в условиях возвышенного рельефа, сосна не могла возобновиться полностью естественным путем, во всяком случае сразу. В результате возникали местообитания подходящие для заселения их лишайниками.

Мы не имеем собственных материалов, чтобы категорически утверждать о преимущественно антропогенном происхождении боров беломошников в южной части лесной зоны и лесостепи, а может быть и вообще в лесной зоне. Но исследование сосновых лесов в Ульяновской области убедило нас в антропогенном происхождении преобладающего большинства боров беломошников на Приволжской возвышенности вообще. Первичные боры беломошники, возможно, имеются только на вершинах особенно высоких холмов или дюн и их южных склонах, больших площадей такие беломошники не занимают.

Какие же имеются доказательства в пользу антропогенного происхождения боров беломошников? Основное доказательство — это отсутствие у нас типично выраженных беломошников со взрослым (приспевающим или спелым) древостоем, очень редко даже можно встретить боры беломошники с средневозрастным древостоем. Сосняки беломошники это почти всегда очень молодые разреженные насаждения с многочисленными необлесившимися полянами.

Приведенные выше конкретные описания вполне иллюстрируют это. Совершенно аналогичное указание имеется и у И. И. Спрыгина (1931), который исследовал преимущественно соседнюю Пензенскую область. Другое доказательство в пользу вторичности происхождения сосняков беломошников — это их встречаемость на более или менее плакорных местообитаниях, где они, как уже было показано, могут занимать большие площади. На таких местообитаниях безусловно раньше были распространены другие типы леса. Вообще говоря, в условиях Ульяновской области, равно как и в соседних областях, сосновые леса беломошники в принципе могли бы быть распространены несравненно шире, так как возобновление сосны на вырубках чаще всего идет неудовлетворительно. Но в условиях наших более южных районов вырубки очень быстро заселяются травянистой (и в значительной степени степной) растительностью. При быстром заселении травы не дают развиться лишайниковому покрову, но на более сухих песчаных местах такие условия создаются, что и приводит к формированию бора беломошника.

Таким образом, вторичное (антропогенное) происхождение большинства наших беломошников мы считаем вполне доказанным. Нужно сказать, что такого же мнения придерживается И. И. Спрыгин (1931) для Пензенской области и С. Я. Соколов (1947) для Татарской АССР.

Наблюдения показали, что вторичные боры беломошники

(которых у нас, как уже отмечалось, абсолютное большинство) всегда образуются на месте сосняков зеленомошников при вырубке последних. В пользу этого имеется целый ряд доказательств. Прежде всего, боры беломошники обычно занимают такие местообитания, где в принципе могут существовать и зеленомошные сосняки. С другой стороны боры беломошники часто и непосредственно граничат с сосновыми лесами зеленомошниками и можно, в этих случаях, иногда наблюдать переходные ассоциации между теми и другими. Показательно наличие в сосняках беломошниках с молодым древостоем крупных сосновых пней, такие крупные сосны не встречаются в лишайниковых сосняках, но очень типичны для взрослых зеленомошников. Наконец характерно, что в борах беломошниках деревья вполне нормально развиты для своего возраста. По свидетельству Воробьева Д. В. (1953) в лишайниковом бору (который он называет сухим сосновым бором) древостой низкорослый, корявый, с незначительным выходом деловой древесины. Возможно это относится к первичным беломошникам, находящимся действительно в мало благоприятных условиях. Но нам такой картины видеть не приходилось. Следовательно в изученных нами беломошниках условия для роста сосны вполне благоприятные.

На основании вышеизложенного мы приходим к заключению, что в правобережной части Ульяновской области сосняки беломошники во многих случаях являются лишь временной стадией восстановления сосновых лесов зеленомошников, этим и объясняется наличие у них только молодого древостоя. Хотя в сосняках беломошниках молодой древостой всегда разрежен, но при дальнейшем росте леса кроны более или менее смыкаются, кроме того, постепенно появляется и новое сосновое возобновление. В результате создаются условия для появления признаков бора зеленомошника, тогда как признаки бора беломошника постепенно исчезают (уменьшаются в обилии или даже исчезают лишайники, исчезают степные травы и т. п.). В природе и действительно часто приходится видеть переход боров беломошников в боры зеленомошники с изменением возраста древостоя. Прежде всего происходит исчезновение степных травянистых растений, а при дальнейшем увеличении сомкнутости крон уменьшаются в обилии и лишайники (или совсем исчезают, хотя в сосняках зеленомошниках пятна лишайников чаще всего имеются).

Однако далеко не всегда боры беломошники переходят в зеленомошные сосняки. В ряде случаев они могут с изменением

возраста древостоя перейти в сосняки ландышевые (повидимому на более сухих местообитаниях), выше уже говорилось о связи лишайниковых и ландышевых боров. Но бесспорно, что ландышевые сосняки могут сформироваться и иными путями, вне связи с борами беломошниками. Но и в этом случае они будут экологически близки к последним. Сосновые боры беломошники могут также перейти в травяные боры. Иногда на вырубке травянистые растения (в том числе степные) не могут поселиться сразу и это создает условия для расселения лишайников. Но в дальнейшем травянистые растения постепенно разрастаются и частично или полностью вытесняют лишайники. В результате формируется травяной бор, который отличается тоже разреженным древостоем, но сосны здесь могут достигать крупных размеров и большого возраста.

Наглядную картину такого перехода лишайникового бора в травяной мы видели к востоку от с. Тепловки, Николаевского района, Ульяновской области, как это хорошо проиллюстрировано в приведенном выше описании № 21. Но опять-таки сосновые леса травяные часто образуются вне всякой связи с борами беломошниками, например, когда на вырубке сразу занимают всю территорию травянистые растения. Наконец, в случае плохого возобновления сосны сильно разреженные боры беломошники могут превратиться в необлесившиеся задернелые вырубки, заросшие травянистыми растениями (это чаще всего будут или ассоциации песчаной степи или же вейниковые ассоциации). Лишайники в данном случае частично или полностью исчезают. Однако чаще вырубки с такого рода ассоциациями возникают непосредственно без прохождения лишайниковой стадии.

В заключение скажем несколько слов о ходе естественного возобновления сосны в сосновых лесах беломошниках. После вырубки леса на местообитаниях, где формируются сосняки беломошники, условия для возобновления сосны обычно мало благоприятны. Этим объясняется возникновение сильно разреженного древостоя. Но и в дальнейшем условия для возобновления часто остаются мало благоприятными, что зависит от многих причин. В одних случаях возобновление плохо идет из-за сильной сухости почвы, как, например, на вершинах холмов и дюн и на южных склонах. Здесь успешное возобновление может появиться только в очень влажные годы. Препятствием для возобновления сосны является также лишайниковый покров. По свидетельству А. Л. Кощеева (1950), проводившего исследования на северо-востоке Европейской части СССР,

основным препятствием для возобновления сосны в борах беломошниках является сплошной лишайниковый покров, так как семена сосны полностью им задерживаются и не могут прорасти не достигнув минерального слоя.

В Ульяновской области редко наблюдается сплошной лишайниковый покров, но обычно покрытие лишайниками почвы все же значительное. Поэтому в какой то степени лишайники затрудняют возобновление сосны, но сделать его совсем невозможным они в большинстве случаев не могут. Мешают возобновлению сосны и травянистые растения в том случае, если они достаточно обильны. Но все же в борах беломошниках Ульяновской области далеко не всегда возобновление сосны отсутствует или идет плохо. Из приведенных ранее описаний видно, что в ряде случаев сосна возобновляется удовлетворительно или даже хорошо. Чаще всего это можно видеть на более выравненных местообитаниях, где наличие в прошлом сосняков зеленомошников особенно очевидно. Сплошного лишайникового покрова здесь не бывает и сосна селится в промежутках между подушками лишайников. Но интересно, что на таких местах часто наблюдается сплошной или почти сплошной ковер из кукушкина льна волосоносного. Повидимому он, не будучи слишком толстым, не препятствует прорастанию и укоренению сосны. Однако вопрос о влиянии кукушкина льна волосоносного на возобновление сосны требует специального изучения.

Возобновление сосны в борах беломошниках Ульяновской области — это важная проблема, требующая дальнейших специальных исследований. Но и на основании имеющихся материалов можно заключить, что поскольку боры беломошники в Ульяновской области чаще всего являются вторичными и занимают местообитания боров зеленомошников, при проведении соответствующих мер содействия естественному возобновлению (а в ряде случаев и при использовании искусственного возобновления) вполне возможно на этих местообитаниях вырастить полноценные сосновые древостои.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алехин В. В., Растительность СССР в основных зонах. 2-е изд., М., 1951.

2. Аренс Л. Е. О географической зональности лишайниковых ковров из рода Cladonia. Изв. Всесоюз. геогр. общ., 6, 1940.

3. Благовещенский В. В., Лесная растительность Южно-

ульяновского водораздела в связи с ее водоохранной ролью. Учен. зап. Ульян. педаг. инстит., вып. III, 1951.

4. Благовещенский В. В., Ассоциации сосновых лесов Ульяновского правобережья Волги. I. Сосновые леса зеленомошники. Учен. зап. Ульян. педаг. инстит., вып. VI, 1955.

5. Воробьев Д. В., Типы лесов Европейской части СССР. Киев, 1953.

6. Гроссет Г., Геоботанический очерк северо-восточной части б. Ульяновской губернии. Бюлл. Москов. общ. испыт. прир., 41, 1932.

7. Диксон Б. И. и Келлер Б. А., Белое озеро и его окрестности. 1921.

8. Калашников Л., К характеристике боровой растительности Кададинской лесной дачи, Кузнецкого уезда, Самарской губ. Изв. Сарат. гос. инст. с/х и мелиор., вып. 3, 1927.

9. Калашников Л., К характеристике сосновых ассоциаций Кузнецкого округа Средневолжского края. Изв. Сарат. гос. инст. с/х и мелиор., вып. 5, 1929.

10. Коржинский С., Северная граница черноземно-степной области восточной полосы Европейской России в ботанико-географическом и почвенном отношении. II. Фитотопографические исследования в губерниях Симбирской, Самарской, Уфимской, Пермской и отчасти Вятской . Труды общест. естеств. при Казанск. университете, т. XXII, вып. 6, 1891.

11. Кощеев А. Л., Возобновление лесосек лишайниковых боров. Лесн. хоз., 6, 1950.

12. Крюденер, Сплошные и семеннолесосечные рубки в типах насаждений приволжских губерний с преимущественно сосновым древостоем (в Симбирской, Пензенской, Саратовской и Самарской губерниях). СПб, 1910.

13. Леса и лесное хозяйство среднего Поволжья (Татарская, Чувашская и Марийская АССР). Под ред. И .С. Лупиновича и С. В. Зонн. М.-Л., 1947.

14. Марков М. В., Растительность Татарии. Казань, 1948.

15. Семенова-Тян-Шанская А. М., Сосновые леса. В сб. «Растительный покров СССР». I. Пояснительный текст к «Геоботанической карте СССР». М.-Л., 1956.

16. Сидорук И. С., Основные черты растительности Среднего Поволжья. Автореферат. Л., 1953.

17. Смирнов В. И., Ботанико-географические исследования в северо-восточной части Саратовской губернии. Труд. общ. естеств. при Казанск. университете, т. XXXVII, вып. 4, 1903.

18. Спрыгин И. И., Растительный покров Средневолжского края. Самара, 1931.

УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ УЛЬЯНОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ПЕДАГОГИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА имени И. Н. УЛЬЯНОВА
Том II, вып. 1. 1958 г.

Р. Е. ЛЕВИНА

СПОСОБЫ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПЛОДОВ И СЕМЯН ЭДИФИКАТОРОВ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА СССР

Сама постановка вопроса, отраженного в заглавии настоящей статьи, нуждается, как нам кажется, в особой мотивировке.

Всестороннее изучение эдификаторов представляет не только большой теоретический интерес, но и серьезное практическое значение. Для рационального использования и изменения растительного покрова необходимо знать все те особенности видов и жизненных форм, которые обеспечивают их господствующее положение как эдификаторов. Но можно ли отнести к числу этих особенностей способы распространения зачатков?

По-видимому, никакой отдельно взятый признак, даже очень существенный в конкурентном отношении (засухоустойчивость, зимостойкость, высокая плодовитость, способность к вегетативному размножению и т. д.), еще не определяет эдификаторной роли вида в фитоценозе, так как многие виды, обладающие этими признаками, не стали эдификаторами. Господствующее положение вида в ценозе определяется таким сочетанием целого ряда его морфофизиологических и экологических особенностей, которое наиболее соответствует физико-географическим и биотическим условиям среды.

Способ распространения зачатков в большей или меньшей мере обусловливает закрепление вида в ценозе и успешность его расселения. Поэтому анализ способов диссеминации эдификаторов вполне правомерно включить в программу их всестороннего изучения.

У многих видов-эдификаторов способ распространения зачатков хорошо известен, у других он менее изучен, наконец, для ряда видов мы можем лишь более или менее достоверно предположить характер диссеминации, исходя из их экологии и морфологии зачатков. Допустима ли и насколько целесообразна попытка сделать некоторые обобщения при такой слабой изученности вопроса? По мнению автора, даже предваритель-

ное подытоживание известных фактов оправдывает себя хотя бы тем, что позволяет яснее видеть в каком направлении нужно продолжать исследование.

Произведенный нами анализ способов диссеминации эдификаторов растительного покрова СССР и некоторые обобщения, сделанные из него, должны рассматриваться лишь, как самые предварительные.

Мы не ограничились установлением того, какую роль играют различные агенты диссеминации в расселении видов-эдификаторов. Как известно, приспособления к разносу зачатков ветром и животными очень разнообразны по своей морфологии и эффективности. С другой стороны эти приспособления в какой-то мере должны отражать характер местообитания видов. Поэтому представляется важным выяснить распределение различных форм анемо- и зоохории по ботанико-географическим областям. Этому вопросу и уделено нами основное внимание.

Список эдификаторов основных растительных формаций Союза ССР, занимающих плакоры и нижние пояса гор, взят нами из работы Е. М. Лавренко (1947). Более поздняя работа Быкова (1949) не была использована при составлении списка. Прежде всего потому, что Быков без достаточной мотивировки расширяет число эдификаторов Союза ССР до 1067 видов, включая мелкие локальные формации. Но главное — им не приводится полного списка эдификаторов, а даются лишь некоторые примеры. Так, в таблицах 4 и 5 из 141 вида названы только 7; из 123 видов другой группы эдификаторов — всего 8 названий и т. д.

Список эдификаторов по Лавренко, за исключением мхов, лишайников и некоторых мелких и сомнительных видов полыней (п. астраханская, п. Ганзена, п. Русанова) и анабазиса ветвистого составляет 153 вида. По ботанико-географическим областям они распределяются очень неравномерно: от семи видов в Маньчжурской хвойно-широколиственной до 49 в Азиатской пустынной области (включая пустынно-степное Закавказье). Поэтому в таблице 1 для каждой карпобиологической группы по областям дается и абсолютное количество видов и их процент относительно общего числа эдификаторов для данной области. В той же таблице приводятся цифры и для всех областей вместе взятых. Для составления диаграмм использованы не абсолютные количества видов, а их процентное соотношение.

В число автохоров нами включены как те виды, которые

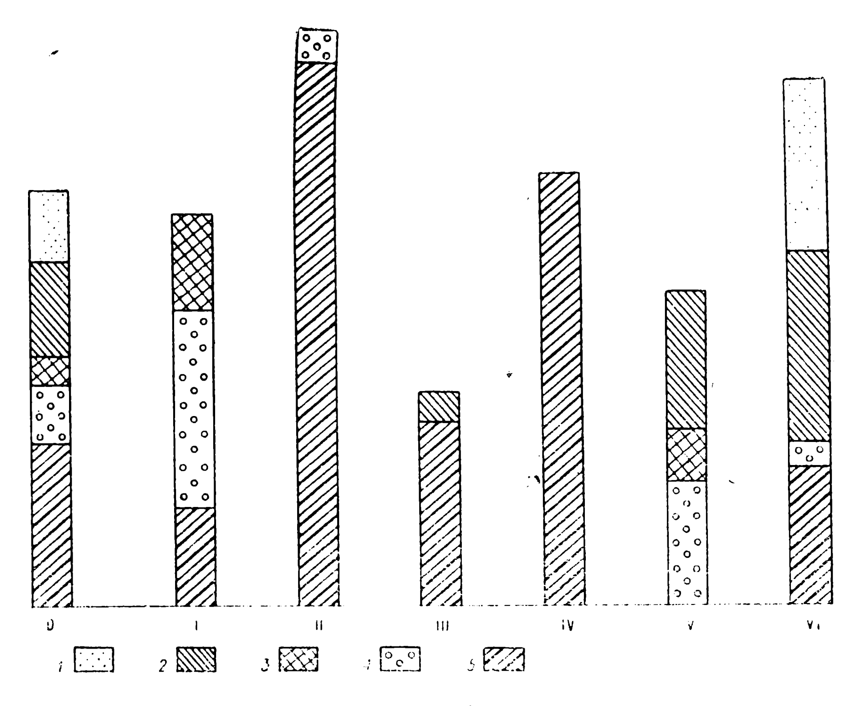


Рис. 1

Распределение форм анемохории у эдификаторов по ботанико-географическим областям (в % относительно числа эдификаторов данной области).

Обозначения: О — данные для всех областей вместе взятых; I — Арктическая тундровая область; II — Евразиатская таежная; III — Европейская широколиственная; IV — Маньчжурская хвойно-широколиственная; V — Евразиатская степная; VI — Азиатская пустынная.

1 — анемогеохоры; 2 — гемианемохоры; 3—5 — эуанемохоры; 3 — с пылеватыми семенами, 4 — с перистыми зачатками, 5 — с окрыленными зачатками.

обладают приспособлениями к разбрасыванию семян (механохоры), так и такие, у которых зачатки осыпаются произвольно под действием силы тяжести (барохоры).

Как видно из таблиц и диаграмм, среди анемохоров выделяется пять групп. Из них три группы относятся к эуанемохорам, но различаются по характеру приспособлений: виды с окрыленными зачатками, с перистыми и баллисты с очень мелкими пылеватыми семенами. Группа гемианемохоров включает виды с относительно мелкими и легкими плодами, хотя и не имеющими специальных летательных приспособлений (все ви-

Таблица № 1.

Способы распространения зачатков эдификаторов растительного

Способ распространения и характер зачатков	Данные для всех областей		Ботаников			
			Арктическая тундровая		Евразиатская таежная	
Всего видов эдификаторов	153		25		17	
	Число видов данной группы	В % к общей сумме эдификаторов	Число видов данной группы	В % к числу видов данной области	Число видов данной группы	В % к числу видов данной области
Автохория						
Барохоры	8	5,23	—	—	—	—
Механохоры	3	1,96	—	—	—	—
Всего автохоров:	11	7,19				
Анемохория						
Эуанемохоры:						
окрыленные	41	26,80	4	16,0	15	88,24
перистые	17	11,11	8	32,0	1	5,88
мелкие пылеватые	7	4,57	4	16,0	—	—
Гемианемохоры	25	16,34	—	—	—	—
Анемогеохоры	14	9,15	—	—	—	—
Всего анемохоров:	104	67,97	16	64,0	16	94,12
Зоохория						
Эпизоохоры цепкие	3	1,96	—	—	—	—
Эндозоохоры сочные	10	6,54	5	20,0	—	—
Синзоохоры	16	10,46	1	4,0	1	5,88
Всего зоохоров:	29	18,96	6	24,0	1	5,88
Баллисты	1	0,65	—	—	—	—
Неизвестный способ	8	5,23	3	12,0	—	—

покрова СССР в различных ботанико-географических областях

географические области							
Европейская широколиственная		Маньчжурская хвойно-широколиственная		Евразиатская степная		Азиатская пустынная	
20		7		35		49	
Число видов данной группы	В % к числу видов данной области	Число видов данной группы	В % к числу видов данной области	Число видов данной группы	В % к числу видов данной области	Число видов данной группы	В % к числу видов данной области
—	—	—	—	6	17,14	2	4,08
—	—	—	—	3	8,57	—	—
—	—	—	—	9	25,71	2	4,08
6	30,0	5	71,43	—	—	11	22,45
—	—	—	—	6	17,14	2	4,08
—	—	—	—	3	8,57	—	—
1	5,0	—	—	9	25,71	15	30,61
—	—	—	—	—	—	14	28,57
7	35,0	5	71,43	18	51,42	42	85,71
—	—	—	—	2	5,72	1	2,04
1	5,0	—	—	2	5,72	2	4,08
11	55,0	2	28,57	1	2,86	—	—
12	60,0	2	28,57	5	14,30	3	6,12
—	—	—	—	1	2,86	—	—
1	5,0	—	—	2	5,72	2	4,08

ды полыней и мелкоплодные злаки типа мятликов). Сюда же отнесены немногие виды с окрыленными, но тяжелыми зачатками, например, держи-дерево (Paliurus spina Christi). Наконец, в группу анемогеохоров входят виды, зачатки которых морфологически различны. Некоторые из них имеют вздутые плоды с большой воздушной полостью; у других плоды снабжены радиальными выростами в виде сильно ветвистых щетинок, у третьих — меридиональными крыльями. Но все эти зачатки имеют обтекаемую (чаще всего шаровидную) форму, относительно большую поверхность и очень незначительный вес, благодаря чему легко перекатываются по поверхности почвы.

Три группы зоохоров особых пояснений не требуют, за исключением того, что в состав синзоохоров мирмекохоры не входят. Эта последняя группа среди эдификаторов не имеет ни одного представителя (если их нет среди видов с неизвестным способом диссеминации).

Отнесение того или иного вида к одной определенной карпобиологической группе представляет иногда значительную трудность. Во-первых, многим видам свойственны два и даже три способа распространения зачатков; и, во-вторых, приспособления одного и того же типа, в зависимости от общего характера зачатка, обладают различной эффективностью. Например, окрыленные плоды у разных видов могут существенно отличаться по своим аэродинамическим свойствам.

Группа, в которую должен быть включен тот или иной вид, определялась по основному способу его диссеминации с учетом характера приспособлений. Так, например, все хвойные с окрыленными семенами отнесены к анемохорам, хотя частично они могут распространяться и синзоохорно некоторыми птицами и белками. Зерновки ковылей, как известно, хорошо зарываются в почву; они могут разноситься и животными, запутываясь в их шерсти; наконец, плоды с перистыми остями переносятся ветром. Для расселения вида могут иметь значение лишь два последних способа разноса зачатков. Исходя из морфологии плодов, все виды ковылей с перистыми остями включены в группу анемохоров, а два вида с голыми остями (к. волосатик и к. сарептский) — эпизоохоров.

Низкорослые растения с окрыленными зачатками в большинстве своем вошли в группу эуанемохоров; из них только три вида причислены к гемианемохорам: артрофитум Литвинова, у которого хотя и имеются хорошо развитые крыловидные выросты на плодах, но кроме них остаются жесткие, в виде отогнутых книзу рожков, прицветнички; плод обламывается с

частью цветоноса — в результате получается какой-то угловатый, относительно громоздкий зачаток, неспособный к полету. Он может лишь относиться ветром на незначительные расстояния. Прутняк (кохия) простертый; его «крылья» малы относительно размеров плода, кроме того, иногда околоцветник образует придатки не крыловидные, а в виде бугорков. И, наконец, солянка лиственничнолистная также имеет окрыленные, но довольно массивные плоды. Остальные шесть видов солянок отнесены к эуанемохорам.

Больше всего сомнений вызывает группа мелкоплодных гемианемохоров (злаки, полыни). Все они растения степей и пустынь, где пасутся большие стада, поэтому у этих видов вполне возможна эндозоохория. Но для наших видов-эдификаторов этот вопрос совсем не изучен. В последней сводной работе Мюллера (Müller, 1955) имеются указания на то, что на пастбищах Швейцарских Альп в помете рогатого скота найдены всхожие семена некоторых видов мятликов, тимофеевки альпийской, овсяницы красной. Но каково количество этих семян, насколько это частое явление — никаких данных нет.

Для полыней эндозоохория менее вероятна, чем для злаков. Во-первых, их плоды не имеют никаких защитных оболочек; во-вторых, полыни поедаются менее охотно, чем злаки. Как отмечает Ларин (1937), поедаемость полыней возрастает особенно после осыпания семян. Изучая засемененность пастбищ Каракумов и распределение семян на закрепленных песках, Нечаева (1954) установила, что семена, содержащиеся в почве, приурочены к тем растительным группировкам, в которых обычно обитает данный вид. Массового перемещения семян не происходит, за исключением плодов с высоким коэффициентом парусности. На молодых залежах в Балашовской области нам пришлось наблюдать массовое появление проростков полыней, образующих вблизи материнских растений почти сплошной покров. Такой характер семенного возобновления также говорит о том, что зачатки полыней в массовых количествах рассеиваются ветром на незначительные расстояния.

В группу с неизвестным способом диссеминации попали шесть видов осок, лебеда белая и дзельква граболистная. Для арктических видов осок можно предположить гидрохорию; для степных и пустынных видов, как и для лебеды — или эндозоохорию, или произвольное опадение плодов (барохория). У дзельквы возможно растаскивание плодов грызунами (синзоохория), или также барохория.

Теперь перейдем к анализу полученных цифр (см. таблицу

№ 1). Как уже отмечал в свое время Е. М. Лавренко (1947), первое место среди эдификаторов растительного покрова Союза ССР принадлежит анемохорам. Их насчитывается 68% от общего числа видов. Зоохоры составляют 19%, а автохоры — немногим более семи.

Среди анемохоров богаче других представлены виды с окрыленными зачатками; они дают более трети всей группы (около 27% из 68). На втором месте — гемианемохоры; им немного уступают виды с опушенными плодами и семенами. Эдификаторы с мелкими пылеватыми семенами составляют всего 4,5% от числа всех эдификаторов.

Более половины всей группы зоохоров представлено синзоохорами, плоды которых растаскиваются птицами и отчасти грызунами (16 видов из 29); эндозоохоров с сочными плодами — 10 видов, т. е. немногим более одной трети; эпизоохоров насчитывается только три вида, или около 10% всех зоохоров и менее 2% от общего числа эдификаторов.

Некоторые интересные закономерности выявляются при анализе распределения различных форм приспособлений по ботанико-географическим областям.

Автохорами относительно богата лишь Евразиатская степная область, где они составляют более 25% всех видов (здесь, как и ниже, проценты даются относительно числа видов-эдификаторов, свойственных данной области). Большая часть из них — это злаки с тяжелыми свободно опадающими плодами, образующие группу барохоров (пырей пустынный, п. гребневидный, п. сибирский, вострец ложнопырейный, овсец пустынный, костер береговой). Три вида механохоров — это караганы (к. кустарниковая, к. карликовая, к. мелколистная). В пустынной области автохоров всего два вида (пырей волосоносный, мятлик луковичный), а в других областях они вовсе отсутствуют (если не считать вполне вероятной автохорию осок, которые входят в группу с неизвестным способом диссеминации).

Наибольшее относительное количество анемохоров дает Евразиатская таежная область (94%); второе место занимает Азиатская пустынная (около 86%) и далее следует Маньчжурская, Арктическая и Евразиатская степная. В Европейской широколиственной области анемохоры значительно уступают зоохорам (первые составляют 35, вторые — 60% от общего числа эдификаторов области). Из других областей, где зоохоры играют заметную роль, нужно назвать Арктическую. Хотя в Маньчжурской области процент зоохоров более высокий — 28,5 против 24 в Арктической — но это цифра мало показательна.

т. к. всех видов-эдификаторов в Маньчжурской области насчитывается семь, а зоохоров — всего два.

Распределение различных форм анемо- и зоохории по областям можно легко проследить по диаграммам и таблице № 2.

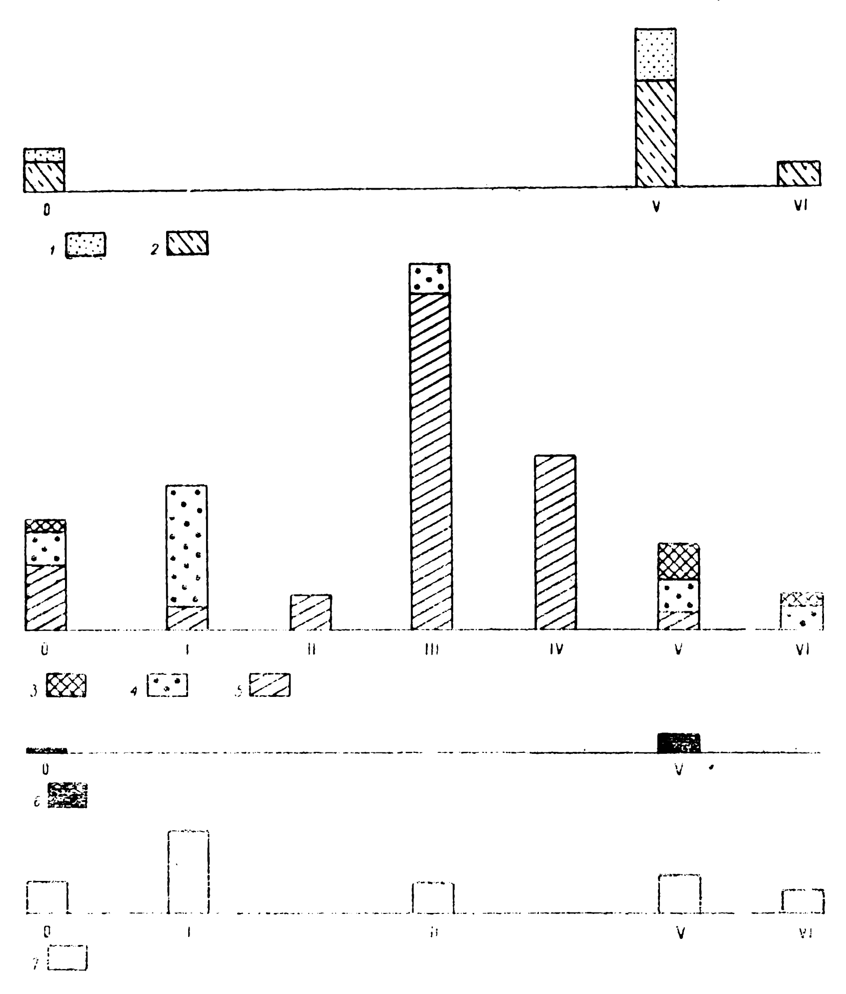


Рис. 2

Распределение форм зоохории и других способов диссеминации у эдификаторов по ботанико-географическим областям (в % % к числу эдификаторов данной области). **Обозначения:** О — VI как на рис. 1. 1—2 — автохоры: 1 — механохоры, 2 — барохоры; 3—5 — зоохоры: 3 — эпизоохоры (цепкие плоды), 4 — эндозоохоры (сочные плоды), 5 — синзоохоры; 6 — баллисты; 7 — неизвестный способ.

Таблица № 2.

Распределение форм анемо- и зоохории у эдификаторов по ботанико-географическим областям

Способ распространения и характер зачатков	Число видов эдификаторов данной группы для всех областей	Распределение карпобиологических групп по областям (в % к графе 2)					
		Арктическая тундровая	Евразиатская таежная	Европейская широколиственная	Маньчжурская хвойно-широколиственная	Евразиатская степная	Азиатская пустынная
1	2	3	4	5	6	7	8
Анемохория							
Эуанемохоры:							
окрыленные	41	9,76	36,58	14,64	12,19	—	26,83
перистые	17	47,06	5,88	—	—	35,29	11,77
мелкие пылеватые	7	57,10	—	—	—	42,90	—
Гемианемохоры	25	—	—	4,0	—	36,0	60,0
Анемогеохоры	14	—	—	—	—	—	100,0
Зоохория							
Эпизоохоры цепкие	3	—	—	—	—	66,67	33,33
Эндозоохоры сочные	10	50,0	—	10,0	—	20,0	20,0
Синзоохоры	16	6,25	6,25	68,75	12,50	6,25	—

Во всех лесных областях все или почти все эдификаторы-анемохоры имеют окрыленные зачатки. В таежной области они представлены различными видами хвойных (кроме кедра сибирского) и берез; в Европейской широколиственной—грабами (3 вида), липой, ясенем и сосной Палласа. Маньчжурская область имеет свои виды берез, граба, липы, пихты. В областях безлесных группа анемохоров с окрыленными зачатками богата лишь в пустынях: это различные виды солянок, саксаулов, песчаной акации. В степях она вовсе отсутствует.

Виды с перистыми плодами и семенами, так же, как и с семенами мелкими пылеватыми, характерны для тундровой и степной областей. Среди эдификаторов тундры у половины всех анемохоров, т. е. у 8 видов, перистые зачатки (4 вида ив, два вида пушицы и два вида куропаточьей травы — Dryas). В степях эту группу составляют перистые ковыли. Баллисты-анемохоры с пылеватыми семенами в тундре имеют четырех представителей (кассиопея четырехгранная, диапензия лапландская, багульник стелющийся, б. болотный), в степях—трех (спирея водосборолистная, с. городчатая, с. зверобоелистная).

Гемианемохоры выделяются в степях и пустынях. Как уже говорилось выше, это, главным образом, мелкоплодные злаки и полыни. И, наконец, своеобразная группа анемоиохоров — исключительно пустынная. Ее составляют джузгуны—Calligonum —(8 видов), осока вздутая и некоторые другие.

Мы уже отмечали, что из всех форм зоохории первое место занимает синзоохория, наиболее характерная для Европейской широколиственной и отчасти Маньчжурской областей. Синзоохорами являются все виды дуба, бука, каштана. Сочноплодные эндозоохоры более или менее богато представлены только в Арктической области, где они составляют 20% от общего числа видов-эдификаторов; это общеизвестные ягодные кустарники — брусника, голубика, черника, шикша черная, арктоус альпийский. Единичные виды эпизоохоров встречаются лишь в степях (к. волосатик, к. сарпетский) и пустынях (ячмень луковичный). Если дальнейшие исследования выявят среди эдификаторов группу эндозоохоров с сухими зачатками, то существенное место они займут тоже в этих двух областях, за счет сокращения группы гемианемохоров.

Сделаем некоторые общие выводы. Прежде всего отметим, что способы расселения эдификаторов и типы приспособлений их зачатков довольно четко отражают условия местообитания этих видов, включая и биоценотические факторы.

Явная приуроченность анемохоров с окрыленными зачат-

ками к лесным областям вполне объяснима. Все эдификаторы этих областей — деревья первого яруса. А крыловидные придатки наиболее эффективны, с точки зрения аэродинамической, при падении зачатка со значительной высоты. Немногочисленные «крылатые» анемохоры Арктической и Азиатской пустынной областей — это небольшие деревца, или кустарники. Но разреженный и низкорослый растительный покров тундр и пустынь облегчает распространение окрыленных зачатков на сравнительно небольшой высоте. В степях, где деревья отсутствуют, а травостой густой, виды-эдификаторы с крылатыми плодами и семенами вовсе не встречаются.

Анемогеохория, т. е. передвижение зачатков ветром по поверхности почвы, возможна лишь при очень разреженном травяном покрове. Поэтому не случайно, что анемогеохоры свойственны только Азиатской пустынной области.

Распределение различных форм зоохории по областям отражает биоценотические связи в свойственных им ценозах. Так, виды-эдификаторы с сочными плодами, которые распространяются главным образом птицами, наиболее обильны в Арктической области. Известно, что в летний период тундры исключительно богаты пернатым населением, если не в смысле видового многообразия, то, по крайней мере, по количеству особей.

Одной из наиболее специализированных форм зоохории является синзоохория. Она связана с довольно строгой избирательностью животных к пище и со сложным инстинктом запасания кормов. Поэтому, естественно ожидать, что синзоохория будет встречаться в сложных, высокоорганизованных биоценозах. И действительно: эдификаторы-синзоохоры господствуют в широколиственных лесах — наиболее сложных группировках всего Голарктиса. Количество эдификаторов-эпизоохоров ничтожно мало, тем не менее, они свойственны степям и пустыням, для которых характерны стада травоядных.

Второй вопрос, заслуживающий обсуждения, это — роль ветра в расселении эдификаторов. Цифры говорят о том, что более двух третей общего их числа составляют анемохоры, а в некоторых областях процент последних значительно выше. Но анализ анемохорных приспособлений, свойственных эдификаторам, приводит к тому заключению, что биологическая целесообразность анемохории состоит не в дальности заноса зачатков, а в том, что ветер, как агент диссеминации, повсеместен и постоянен, «всегда и всюду готов к услугам», как выразился Козо-Полянский (1949). Такой вывод вытекает из ряда фактов.

Во-первых, около 40% всех эдификаторов-анемохоров — это гемианемохоры и анемогеохоры. Зачатки и тех и других распространяются на незначительные расстояния. Хотя плоды анемогеохоров очень легко катятся по поверхности почвы, но их дальнему заносу препятствуют неровности рельефа и встречающиеся на пути зачатков растения.

Во-вторых, «крылатые» эуанемохоры тундр и пустынь в большинстве своем небольшие деревца или даже приземистые кустарники. Поскольку окрыленные зачатки, как правило, не приспособлены к парящему полету, они, отрываясь от материнских растений близ поверхности почвы, едва ли будут уноситься на большие расстояния, даже при разреженном растительном покрове.

В-третьих, перистые зачатки эдификаторов степей также не отличаются высокими аэродинамическими свойствами. Мы уже говорили, что группу этих анемохоров составляют перистые ковыли, плоды которых разносятся в пределах десятков метров.

И, наконец, замечателен тот факт, что обширное семейство сложноцветных не дало ни одного вида-эдификатора с эуанемохорными зачатками. А ведь хорошо известно, что для сложноцветных характерны плоды с прекрасно развитыми перистыми парашютами. Эдификаторы-сложноцветные — это почти исключительно полыни. Единственный вид другого рода — пижма сибирская относится к баллистам. Что касается анемохории полыней, то очевидно она является простым следствием их очень высокой плодовитости, которая обычно сопровождается резким уменьшением размеров семян или односеменных плодов. Надо полагать, что не анемохория, а высокая плодовитость полыней в сочетании с ксерофитизмом и солевыносливостью обеспечили их господствующее положение в растительном покрове пустынь и сухих степей.

Е. М. Лавренко указывает, что подавляющее большинство эдификаторов, в том числе и полыней — анемофильные растения. По его мнению анемофилия сыграла большую роль в «выдвижении» полыней в ранг эдификаторов (Лавренко, 1947). По-видимому, преимущество анемофилии в том, что она делает независимым процесс полового размножения от наличия насекомых-опылителей. С этим согласуется и наша оценка целесообразности анемохории, как способа диссеминации, независимого от наличия животных-агентов разноса зачатков. Вме-

сте с тем, анемохория обеспечивает более успешное расселение вида в фитоценозе, чем автохорное распространение плодов и семян.

ЛИТЕРАТУРА

1. Быков Б. А., 1949. Эдификаторы растительных формаций Советского Союза. Вестн. АН Казахской ССР, № 3 (48), 53—61.

2. Козо-Полянский Б. М., 1949. Почему «победили» цветковые растения? Бот. журн. XXXIV, 3, 310—315.

3. Лавренко Е. М., 1947. Об изучении эдификаторов растительного покрова. Советск. бот., т. XV, 1.

4. Ларин И. В., 1937. Кормовые растения естественных сенокосов и пастбищ СССР. Лнгр., Изд. ВАСХНИЛ.

5. Нечаева Н. Т., 1954. Засемененность пастбищ юго-восточных Каракумов и влияние выпаса на заделку семян. Пустыни СССР и их освоение, II., АН СССР, стр. 371—392.

6. Müller Paul, 1955. Verbreitungsbiologie der Blütenpflanzen. Bern. S. 152.

УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ УЛЬЯНОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ПЕДАГОГИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА имени И. Н. УЛЬЯНОВА
Том II, вып. 1 1958 г.

И. Д. ОРЛОВ.

АНАТОМО-СТРУКТУРНЫЕ И БИОХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ У ВИНОГРАДНОЙ ЛОЗЫ В УСЛОВИЯХ ЧУВАШСКОЙ АССР

Уже само созревание ягод и семян некоторых сортов винограда в условиях Чувашии, казалось бы, могло служить показателем нормального окончания цикла развития. Однако такой цикл развития присущ только однолетним и монокарпическим многолетним культурам.

У многолетних поликарпических растений, каким является виноградная лоза, нормальное развитие связано еще и с подготовкой ее к дальнейшему существованию, проявляющейся во внутренних анатомо-структурных изменениях и биохимических процессах.

Если, как справедливо отмечает В. В. Гриненко (1947), имеется полное соответствие между биологическими особенностями сорта, его физиологической деятельностью, на протяжении фаз вегетации и взаимодействиями внешней среды, то процессы жизнедеятельности протекают нормально и растение оказывается подготовленным к зимнему периоду. Если такого соответствия нет, то физиологические процессы нарушаются, и устойчивость организма падает.

К сожалению, до настоящего времени мы не располагаем данными, которые дали бы возможность глубже подойти к рассмотрению структурных изменений и процессов обмена, происходящих в виноградной лозе в северной зоне. А те немногочисленные работы, которыми мы располагаем в настоящий момент и рассматриваем здесь, были в основном проведены в южных районах нашей страны и, конечно, по ним трудно судить о тех анатомо-структурных и биохимических процессах, которые происходят у винограда в условиях северной полосы. Но эти исследования представляют определенный интерес, так как позволяют нам установить отличительные стороны процесса

развития у растений, попавших в несвойственные их природе условия произрастания.

Исследования В. Г. Александрова и Е. В. Макаревской (1925, 1928), проведенные в Кахетии, показывают картину структурных изменений тканей и режима пластических веществ в стеблях сортов винограда Саперави, Ркацители и Мцване. По данным этих авторов анатомическая структура побега на протяжении вегетации претерпевает ряд изменений: от более простого — первичного строения, с сильно развитой сердцевиной и слабым развитием флоэмы и ксилемы (в весенний период), до более сложного — вторичного строения с явно заметным в несколько слоев, твердым лубом, мощной древесиной и хорошо развитой перидермой (в летне-осенний период).

Ими же установлена определенная закономерность накопления крахмала по тканям. Крахмал согласно этим исследованиям начинает откладываться в нижней части побега в середине лета и, прежде всего, в древесной части сердцевинных лучей. Позже и в малом количестве крахмал откладывается в древесине. Еще позже и значительно меньше он встречается в флоэмной части сердцевинных лучей и, наконец, во флоэме.

Работы В. В. Гриненко (1947), К. Д. Стоева (1948, 1950), освещающие превращение углеводов и активность ферментативных процессов, дают более ясное представление об обменных реакциях, свойственных виноградному растению.

Динамика углеводов виноградной лозы при прохождении ею фаз вегетации, как показывают их исследования, носит определенный характер. Вследствие усиленного роста в первой половине вегетации углеводные запасы быстро снижаются и доходят до минимума. Новое накопление углеводов начинается лишь тогда, когда расход их на рост в основном прекращается.

По К. Д. Стоеву в условиях Краснодарского края в однолетних побегах винограда содержание сахара заметно повышается дважды: перед началом вегетации (март) и во время цветения (июль). Минимальное количество крахмала содержится в тканях примерно в середине лета, максимальное — в сентябре.

В. В. Гриненко, проводивший исследования в условиях Новочеркасска, показывает, что процесс углеводного обмена происходит в разное время, в зависимости от сорта. Гибриды амурского винограда с европейским и Рислинг рано заканчивают расход питательных веществ и рано начинают накопление углеводов, продолжающееся до осени.

Позже всего в сезоне заканчивают расход и приступают

к накоплению углеводов сорта Хусайне и Ката-Курган. Гидролиз у них превалирует над синтезом на протяжении всего периода вегетации.

На основании этого Гриненко делает вывод, что такая разница в направлении обменных реакций этих различных по характеру биохимических процессов у отдельных сортов объясняется неодинаковой реакцией сортов на внешние условия. Условия окружающей среды соответствуют больше биологическим требованиям гибридов европейских сортов и амурского винограда, в то время как для таких сортов, как Хусайне, Ката-Курган, условия среды не соответствуют их биологическим свойствам, вследствие чего они плохо подготавливаются к зиме и вымерзают.

Таким образом, вегетационный период годичного цикла развития виноградной лозы показывает, что наряду с теми ясно выраженными процессами роста и развития, которые проявляются в виде так называемых фенофаз, параллельно проходят процессы развития внутреннего характера, определяемые анатомо-структурными изменениями и биохимическими превращениями, которые завершаются и проявляются в виде вызревания побегов.

Целью наших исследований было изучить анатомо-структурные и биохимические процессы, проходящие у виноградной лозы в условиях Чувашской АССР на протяжении вегетационного периода.

Работа проводилась с 1948 по 1952 год в городе Чебоксары.

Материалом исследований являлись кусты винограда, посадки 1948 года и вступившие в плодоношение в 1950 году. Для исследований было взято три группы сортов.

Первая группа представляет сорта, полученные от американских видов Лабруска и рипария. Сюда относятся сорта: Альфа, Таежный изумруд, Прима.

Вторая группа сортов представлена гибридными сортами, выведенными И. В. Мичуриным и его последователями. Сюда относятся сорта: Русский конкорд, Северный белый, Заря севера.

В качестве третьей группы сортов нами были использованы европейские сорта Шасла и Мадлен-Анжевин.

Изучение биологии, выше описанных сортов винограда, проводилось путем определения длины вегетационного периода, времени прохождения отдельных фенофаз и выявления реакции поведения растения на комплекс внешних условий.

Исходя из того, что между структурой и функциями, во всяком случае, интенсивностью их, должна существовать некоторая координация, изучение в процессе роста побега его анатомической структуры позволило нам получить представление и об особенностях деталей основных физиологических процессов в растительном организме.

Для анатомических исследований нами ежедекадно, начиная с момента распускания почек, вплоть до опадения листьев и укрытия кустов на зиму, отбирались побеги для биохимических и анатомических исследований.

Срезы, рассматриваемые под микроскопом, при анатомических исследованиях, зарисовывались как с помощью рисовального аппарата, так и от руки. При этом зарисовывался только один сектор (сосудисто-волокнистый пучок) поперечного строения стебля.

Для определения наличия крахмала при микрохимических анализах применялся 3-процентный раствор иода, а для установления наличия сахаров 2-процентный раствор альфа-нафтола в спирте с концентрированной серной кислотой.

Для биохимических исследований на количественное содержание крахмала и сахара пробы брались с тех же побегов, которые были отобраны для анатомических исследований. Биохимический анализ углеводов проводился по методу Шаффер-Хартмана, более детализированно разработанного кафедрой плодоводства Т.С.Х.А.

Внешние морфологические признаки роста и развития виноградной лозы обусловлены внутренними анатомо-структурными изменениями и биохимическими процессами, происходящими с момента распускания почек на протяжении всего роста побега.

Анатомические исследования побегов винограда в Чебоксарах показали, что как только почка трогается в рост, одновременно с дифференциацией наружных клеток конуса нарастания происходит дифференциация внутренних тканей, за счет возникшего из меристематических тканей прокамбия, дающего начало первичным сосудисто-волокнистым пучкам и камбию.

Таким образом, на ранних этапах развития анатомо-структурное состояние стебля винограда (Рис. 1) представлено первичным строением, характеризующимся слабым развитием проводящей системы и сильно развитой корой и сердцевиной.

Во второй половине второй фазы деятельность меристематических тканей верхушечной точки приводит к быстрому на-



Рис. 1 Рис. 2 Рис. 3 Рис. 4

Анатомическое строение поперечного среза побегов винограда сорта Альфа в условиях Чебоксар.

Рис. 1 от 29 мая; рис. 2 от 7 июня; рис. 3 от 17 июня; рис. 4 от 27 июня.

растанию стебля в длину. На верхушке стебля непрерывно закладываются и развиваются все новые и новые листья. Первичная проводящая система оказывается не в состоянии удовлетворить возросшую потребность растения в передвижении воды и растворенных в ней минеральных солей к формирующимся органам. Кроме того, возрастает необходимость и в укреплении тела побега. Поэтому в это время как раз и наблюдается переход проводящей системы во вторичное строение.

Как показали исследования, переход во вторичное строение в нижних частях стебля наступает через 5 — 7 дней после распускания глазков. Так, уже к 7 июня (1952 года) на поперечном срезе третьего междоузлия (рис. 2) мы наблюдаем появление новой меристематической ткани — камбия, который имеет очень большое значение на протяжении всей остальной жизни растения.

Рисунок 2 поперечного среза побега показывает, что дифференциация клеток, откладываемых камбием в сторону протоксилемы, приводит к образованию трех элементов древесины: древесной паренхимы, древесных волокон, или либриформа и сосудов. Клетки же, откладываемые камбием в сторону протофлоэмы, дифференцируются в это время во вторичный луб, состоящий из ситовидных трубок с сопровождающими их клетками спутниками и лубяной паренхимы.

Нами отмечено, что, хотя в побегах с середины второй фазы происходят активные анатомо-структурные изменения, позволяющие побегам расти в толщину, однако, активность работы камбия в этот период сравнительно еще слабая. За декаду, т. е. к 17 июня (рис. 3), толщина коровой части побега увеличилась только на 4 микрона, а древесной — на 8 микрон. Значительное увеличение древесины, по сравнению с лубом, объясняется более энергичной работой камбия в сторону откладывания клеток ксилемы, особенно в начальные периоды развития, когда энергично растущие побеги нуждаются в усиленном притоке воды и строительного материала, который доставляется на первых этапах роста не только за счет ассимиляции листьями, но и за счет прошлогодних запасов корней и многолетней древесины.

Следовательно, работа камбия в побегах виноградной лозы происходит соразмерно направленности основных физиологических процессов, происходящих в тот или иной период. Это говорит о том, что анатомо-структурные изменения в стебле тесно увязаны и взаимообусловлены с общим процессом роста и развития.

Биохимический и микрохимический анализ побегов, представленный в таблице № 1 и графике № 1, показывают, что во вторую фазу на рост побегов расходуются в основном все ранее отложенные в запас и вырабатываемые вновь пластические вещества, которые и идут на постройку различных органов и тканей растения.

Таблица № 1.

Динамика содержания углеводов в побегах винограда сорта Альфа в 1952 году (в процентах на возд. сух. вес)

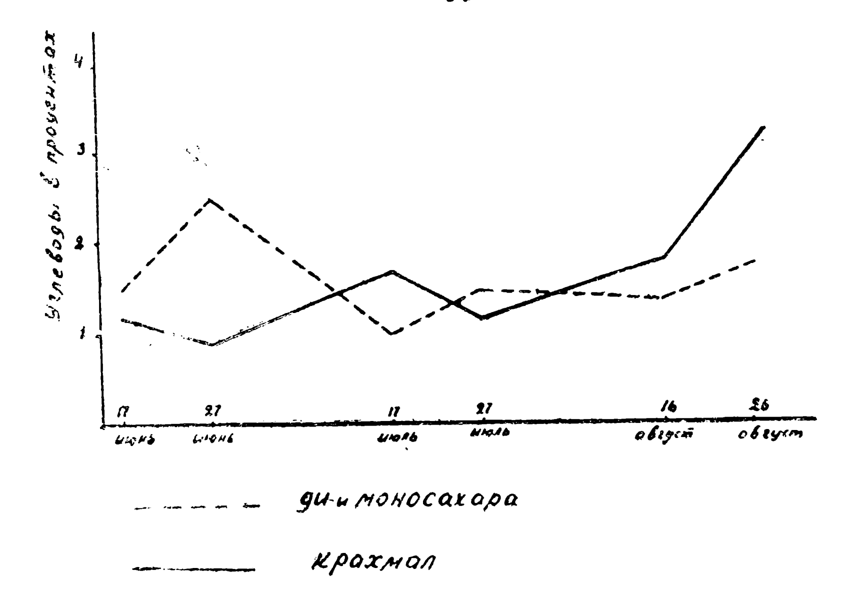
Углеводы	Даты взятия проб					
	17/VI	27/VI	17/VII	27/VII	16/VIII	26/VIII
Моносахара	0,8	2,2	0,6	1,0	1,4	1,0
Дисахара	0,7	0,3	0,4	0,5	0,1	1,0
Ди- и моносахара	1,5	2,5	1,0	1,5	1,5	2,0
Крахмал	1,2	0,9	1,7	1,2	2	3,5
Сумма углеводов	2,7	3,4	2,7	2,7	3,5	5,5

Молодые зеленые побеги в эту фазу содержат очень незначительное количество запасных углеводов. Содержание сахара в этот период составляет 1,5%, крахмала 1,2% на 1 грамм воздушно-сухого вещества. Наличие сахаров отмечено было нами в перицикле, в паренхимных обкладках сосудов и в протоксилеме. Крахмал же сосредоточен в основном в виде крупных зерен в крахмалоносных влагалищах эндодермы, представляя собой так называемый балансирующий запас. Незначительное количество его встречается в паренхимных клетках мягкого луба.

Таким образом, вторая фаза вегетационного периода в условиях Чебоксар с биохимической стороны характеризуется очень активным гидролитическим процессом, при котором крупно-молекулярные соединения углеводов (крахмал) превращаются в мелко-молекулярные подвижные формы сахаров, идущие на постройку новых органов виноградного растения.

Рассмотрев вторую фазу вегетационного периода виноградной лозы в условиях Чувашии, нами одновременно отмечается, что она проходит здесь в более ускоренном темпе, чем на юге. Объясняется это тем, что виноградному растению, вступаю-

График N 1
Динамика содержания углеводов в побегах винограда сорта Альфа в 1952 году



щему здесь в вегетацию в более поздние сроки, естественно, создаются более благоприятно складывающиеся для активного прохождения физиологических процессов условия температуры, влажности и света. И наблюдаемые у виноградной лозы в Чувашии анатомо-структурные изменения и биохимические превращения в период роста и развития характерно отражают не только полную координацию этих процессов, но и согласованность их со складывающимися условиями произрастания.

Исследования побегов винограда в фазу цветения показали, что анатомическое строение их в этот период так же, как и в предыдущую фазу, несет на себе отпечаток тех функций, которые приходится выполнять побегам в данную фазу развития. Как видно из рисунка 4, камбий, в этот период времени, активно откладывая слои клеток к переферии и к центру, в конечном итоге приводит к возрастанию толщины древесины

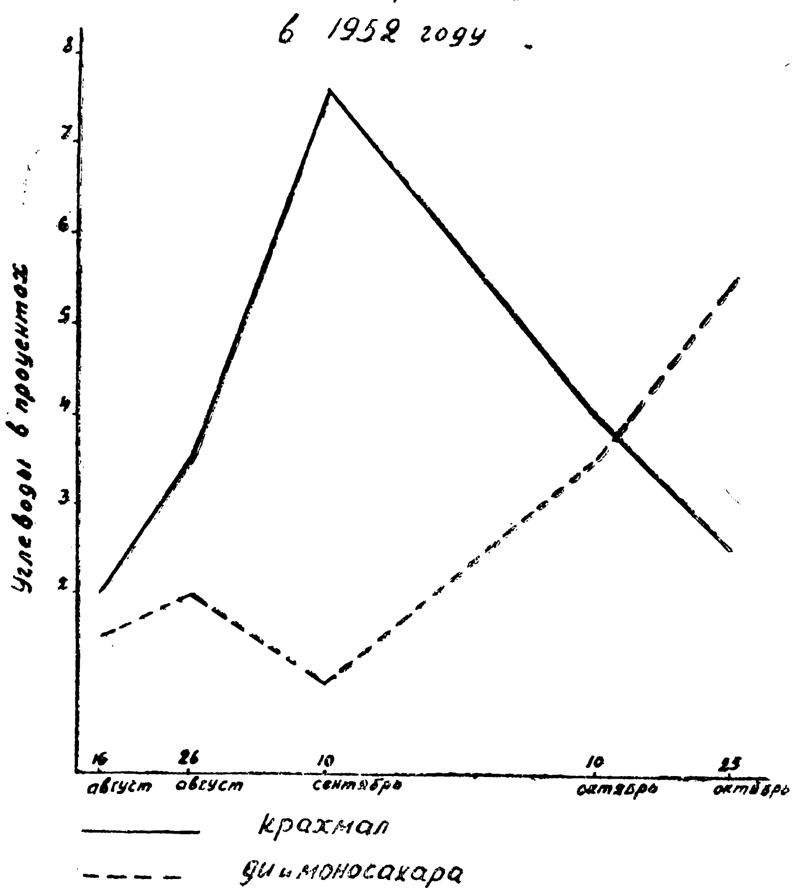
на 34 микрона и коровой части, главным образом, луба, на 24 микрона. В древесине в это время наблюдается значительное увеличение количества сосудов, которые по своим размерам в 3—4 раза превосходят размеры сосудов, возникших 17 июня. В лубяной части, наряду с увеличением лубяной паренхимы и числа ситовидных трубок, отмечается появление новых элементов — лубяных волокон или твердого луба, которые представляют собой обособленную группу клеток, отложенную камбием. В клетках лубяных волокон после их образования происходит очень быстрое утолщение и одревесение клеточных стенок, придающих большую устойчивость тонкостенному лубу. Помимо отложения волокон твердого луба, камбий, примерно, в середине сосудистого пучка, откладывает клетки радиальных лучей.

Отмеченные особенности внутренних анатомо-структурных изменений тканей побегов в 3-ю фазу обусловлены тем, что у активно развивающихся побегов сформировавшиеся листья стали более энергично ассимилировать, вследствие этого и в анатомическом строении происходит дальнейшая дифференциация тканей как в сторону возможно большего притока воды и минеральных веществ, необходимых для фотосинтеза и транспирации, так и в сторону развития флоэмной части, обеспечивающей нормальный отток ассимилянтов, вырабатываемых листьями растения.

Наряду с анатомическими изменениями, в третью фазу энергично развертываются и биохимические процессы. Как видно из таблицы № 1 и графика № 1 содержание крахмала в побегах в момент цветения уменьшается до 0,9%. Присутствие его обнаружено, в основном, в клетках эндодермы. В динамике сахаров, наоборот, в период цветения наблюдается повышение их до 2,5%. При этом увеличение сахаров в этот период, очевидно, происходит за счет развития перицикла, твердого луба и паренхимных обкладок сосудов, так как во всех этих элементах нами обнаруживалась активная реакция на наличие сахаров.

При сравнении углеводного обмена у виноградной лозы в Чебоксарах с анализами Стоева К. Д. (1948), проведенными в условиях Краснодарского края, нами отмечено, что здесь также в период цветения наблюдается максимум сахаров и минимум крахмала. Только в количественном отношении как в сахаре, так и крахмале, наблюдается отклонение в сторону их увеличения в Краснодаре.

Таким образом, в третьей фазе, хотя и развертывается



фотосинтез, однако общая фотосинтетическая деятельность куста еще не достигает своего максимума, в связи с недостаточным развитием листьев. В этот напряженный для виноградной лозы период все ассимилянты и запасы идут на построение органов плодоношения, рост их и дыхание, которые у цвет-

ков происходят очень интенсивно. Поэтому данную фазу с биохимической стороны можно характеризовать как фазу исключительно активного гидролитического процесса.

Из рассмотренных выше особенностей в прохождении третьей фазы вегетации в условиях Чувашии можно отметить, что период цветения здесь обычно проходит очень быстро, сопровождаясь при этом рядом анатомо-структурных и биохимических процессов, согласующихся с общей физиологической деятельностью и условиями внешней среды.

Анатомическое строение побегов (рис. 5) показывает, что в течение первой декады после фазы цветения, деятельность камбия проявляется еще сравнительно слабо. За это время прирост древесины к 7 июля составил только 7 микрон, а луба — 2 микрона. Слабая дифференциация тканей в этот период отражает недостаток органического материала, в связи с возросшей потребностью в последнем формирующихся ягод при недостаточно развернувшемся фотосинтезе. Активная жизнедеятельность, сформировавшихся полностью вегетативных органов к концу июля, отражена в энергичном росте побегов в толщину. К 27 июля (рис. 6) размер древесной части увеличился на 54 микрона и лубяной — на 5 микрон. Сильно разросшаяся древесина, большие, достигающие в диаметре 10—15 микрон сосуды; при незначительном увеличении, в сравнении с древесиной, лубяной части; указывают на продолжающийся энергичный рост побегов в длину и благоприятствующие этому росту условия влажности и температуры.

Во вторую половину четвертой фазы вегетационного периода уже заметно падение активности работы камбия. Но зато в этот период формируются, главным образом, элементы лубяной части побега. Так, с 6-го по 16 августа (рис. 7) прирост луба составил 6 микрон, а увеличение древесины почти совсем не наблюдалось. Количество слоев твердого луба возрастает до четырех; ситовидные трубки мягкого луба становятся хорошо выраженными. Последние же образовавшиеся сосуды, наоборот, очень узкие в диаметре и не превышают по размерам сосуды протоксилемы. Следовательно, с прекращением роста побега в длину, физиологические процессы в основном направлены на распределение и отток ассимилянтов. В виду этого больше дифференцируются элементы коровой части, предназначенные для этой цели, и сокращается функционирование элементов проводящей системы древесины, в которой растение не ощущает заметной потребности. Перицикловые волокна в эту фазу теряют свое значение, как механической ткани, так

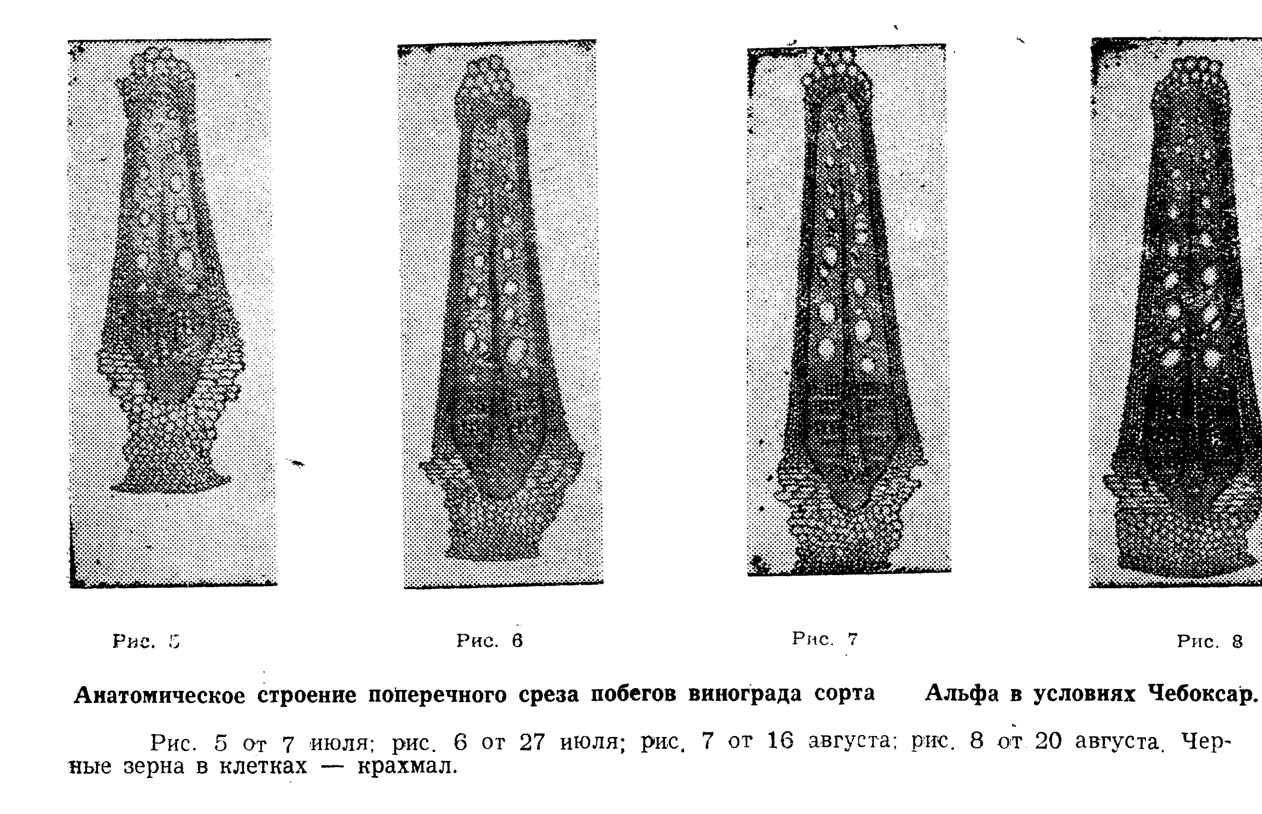


Рис. 5 | Рис. 6 | Рис. 7 | Рис. 8

Анатомическое строение поперечного среза побегов винограда сорта Альфа в условиях Чебоксар.

Рис. 5 от 7 июля; рис. 6 от 27 июля; рис. 7 от 16 августа; рис. 8 от 20 августа. Черные зерна в клетках — крахмал.

как роль основной механической ткани переходит к древесине и отчасти к лубяным волокнам. К концу второй половины четвертой фазы, 16 августа, с прекращением деятельности камбия, в нижних частях побега под перициклом закладывается новая образовательная ткань феллоген (рис. 8). На этом анатомо-структурном состоянии заканчивается четвертая фаза.

Таким образом, в анатомической структуре побегов в четвертой фазе отражено два периода. При первом, наиболее продолжительном, анатомическое строение отражает активные процессы роста побегов в длину и толщину. В это время особенно выражена работа камбия. Хорошее развитие проводящей системы древесины указывает на благоприятствующие росту условия влажности, минерального питания и освещенности. Вторая половина фазы значительно короче. Она характеризуется резкой приостановкой роста побегов в длину, прекращением деятельности камбия и активным заложением новой образовательной ткани феллогена, обуславливающего окончание вегетации и подготовку растения к следующему годичному циклу развития.

Внешние и внутренние анатомические особенности роста и развития виноградной лозы координируются с биохимическими процессами, протекающими на протяжении этой фазы. Первая половина четвертой фазы характеризуется продолжающимися гидролитическими процессами, связанными с ростом побегов и ягод. На протяжении этого периода, как видно из таблицы № 1 и графика № 1, в побегах наблюдается минимальное количество крахмала и сахара. В процентном отношении количество крахмала в побегах к 17 июля составило 1,7%, а к 27 июля — 1,2%. Содержание сахара в этот период колебалось в пределах от 1 до 1,5%. Микрохимическая реакция на крахмал и сахар обнаруживает наличие сахара, главным образом, в формирующихся волокнах твердого луба и паренхимных обкладках недавно образовавшихся сосудов. В перицикле реакция на сахар к 27 июля становится менее выраженной. Крахмал по-прежнему наблюдается только в клетках эндодермы. С приостановкой роста побегов во второй половине четвертой фазы (рис. 7) происходит смещение гидролитических процессов в сторону синтеза, вследствие чего количество крахмала начинает в побегах возрастать. Так, к 16 августа содержание его в побегах составило 2%. Накопление его происходит, как видно из рисунков 7 и 8, постепенно. Сначала зернами крахмала заполняются клетки нижней части сердцевинных лучей древесины, прилегающие к сердцевине. Затем им заполняются вышерасположенные клет-

ки, прилегающие к камбию. Находившийся в клетках эндодермы крахмал с закладкой пробкового камбия и появлением крахмала в нижней части сердцевинных лучей исчезает. К концу фазы синтез органических веществ развертывается очень интенсивно. К 26 августа содержание крахмала в побегах повысилось до 3,5%. Клетки сердцевинных и радиальных лучей древесной части к этому времени заполнены больше, чем на половину. Появляются отложения крахмала в нижней части древесины, прилегающей к сердцевине, и в клетках сердцевинных лучей луба. Наблюдаемое увеличение сахара до 2% в этот период может быть объяснено не гидролитическими, а синтетическими процессами, при которых легко подвижные формы углеводов, передвигаясь по растению к местам отложения, впоследствии превращаются в малоподвижные соединения крахмала.

Таким образом, в четвертую фазу вегетационного периода состояние биохимических процессов у виноградной лозы в Чувашии характеризуется в первой половине активными гидролитическими процессами, связанными с энергичным ростом побегов и смещением ферментативных процессов в сторону синтеза, во второй половине — связанного с приостановкой роста.

При проведении аналогичных, вышеописанных исследований, в 1952 году на сортах Мадлен-Анжевин и Альфа в условиях Московской области, нами было обнаружено, что у европейского сорта Мадлен-Анжевин проявляется значительно большая активность работы камбия по сравнению с сортом Альфа.

Так, например, к 29 июля у сорта Мадлен-Анжевин (рис. 9) размер древесной части составил 95 микрон и луба 35 микрон, а у сорта Альфа (рис. 10) древесина и луб данных размеров достигли только к 11 августа, т. е. через 13 дней, хотя и по времени распускания почек Мадлен-Анжевин оказался более поздним. Это говорит о том, что у Мадлен-Анжевина в условиях подмосковья, в силу неблагоприятно складывающихся условий для развития, побеги раньше приостанавливают рост в длину, но значительно энергичней растут в толщину. Нет сомнения в том, что в особенностях роста побегов сорта Мадлен-Анжевин проявляются к тому же и биологические особенности самого сорта, который относится к несильнорослым сортам.

Вследствие сравнительно более скорого прекращения роста побегов в длину, у сорта Мадлен-Анжевин микрохимический

Рис. 9

Рис. 10

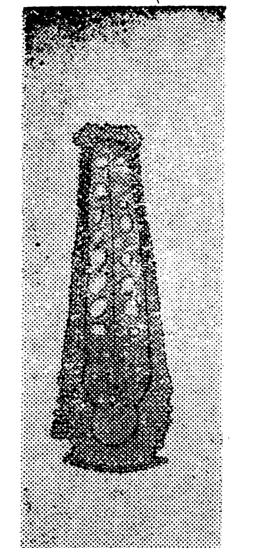
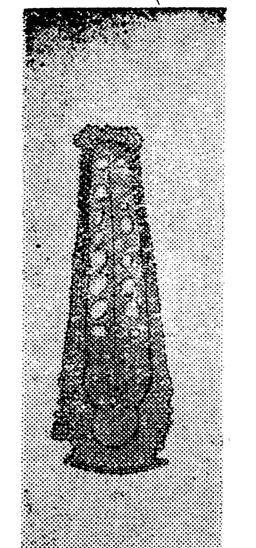
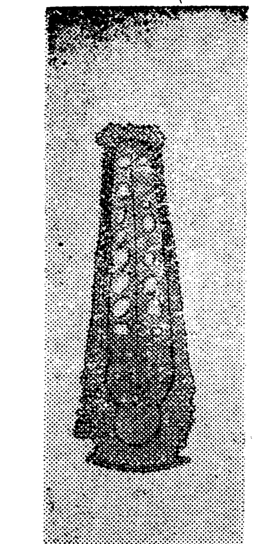




Рис. 11

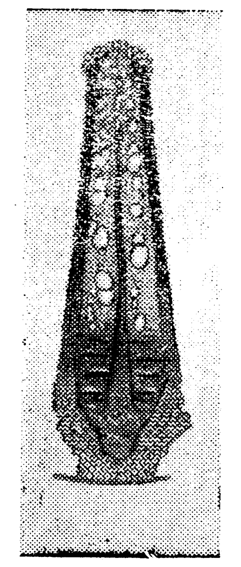
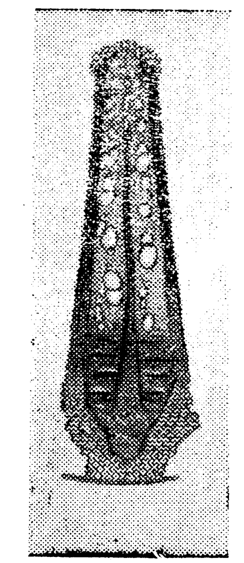
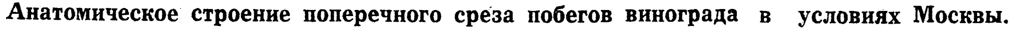



Рис. 12



Анатомическое строение поперечного среза побегов винограда в условиях Москвы.

Рис. 9 и 11 у сорта Мадлен-Анжевин от 29 июля и 11 августа; рис. 10 и 12 у сорта Альфа от 11 августа и 27 августа. Черные зерна в клетках — крахмал.

анализ показывает и более раннее смещение биохимических процессов в сторону синтеза. Например, у этого сорта уже 29 июля (рис. 9) в сердцевинных лучах нижней зоны побега заметно отложение крахмала, в то время как у сорта Альфа (рис. 10) этого накопления не замечено даже 11 августа. Однако, если к 27 августа (рис. 11) у сорта Мадлен-Анжевин количество крахмала хотя и возросло, но незначительно (им заполнены до половины клетки сердцевинных лучей); то у сорта Альфа (рис. 12) к этому времени заметно уже более значительное накопление крахмала не только в сердцевинных и радиальных лучах, но и в древесине.

Таким образом, обнаруживается, что, хотя у сорта Мадлен-Анжевин синтез органических веществ отмечен на ½ месяца раньше, однако энергия накопления запасного материала значительно ниже, чем у сорта Альфа. Высокая энергия накопления пластических веществ у сорта Альфа при подготовке к зимнему периоду, по всей вероятности, связана с большей ассимиляционной поверхностью, развиваемой за счет первой половины четвертой фазы, и большей приспособленностью фотосинтеза листьев этого сорта к сравнительно не высокому температурному режиму.

Из вышеизложенного мы видим, что, в силу своеобразно складывающихся природных условий, в Чувашии некоторые сорта винограда настолько приспосабливаются к ним, что обеспечивают вполне нормальное завершение вегетации и подготовку к зиме. В наших исследованиях подтвердились данные Потапенко Я. И. и Захаровой Е. И. (1937), которые также обнаружили, что в условиях города Мичуринска развитие тканей побегов происходит сравнительно быстро, обеспечивая вполне нормальное строение всех элементов анатомической структуры виноградного побега.

Сравнивая динамику превращения углеводов у виноградной лозы в Чувашии с данными Стоева К. Д. (1948) в Краснодаре, Александрова В. Г. и Макаревской Е. А. (1926) в Кахетии, мы отмечаем, что в Чувашии у виноградной лозы процессы гидролиза превалируют над синтезом. Но с момента приостановки роста, в конце вегетации, синтез проходит более энергично, чем отмечено на юге. Так же как и у Стоева К. Д. на юге, углеводный обмен в однолетних побегах винограда в Чувашии выражен определенным и закономерным характером соотношений между содержанием крахмала и сахара в отдельные этапы вегетационного периода. Образование и накопление

в лозе крахмала сопровождается уменьшением количества сахаров и, наоборот, с повышением содержания сахаров, количество крахмала уменьшается. В период вегетации отмечено один максимум в содержании сахаров и один максимум в содержании крахмала. Наибольшее количество сахара наблюдается в период цветения, а крахмала — в период вызревания побегов.

Таким образом, виноградная лоза, как справедливо отмечает Потапенко Я. И. (1937), обладает свойством так перестраивать свои процессы относительно условий окружающей среды, что они обеспечивают ей завершение цикла развития и подготовку к зиме в пределах самого короткого промежутка времени. Однако такое приспособление к условиям среды у винограда небеспредельно. Оно определяется границами тех колебаний в сторону максимума и минимума, которые имеют место на родине произрастания виноградного растения. И уже здесь оно закладывает в себе частично свойства устойчивости, помогающие ей пройти нормальное развитие в условиях, несвойственных природе этого растения. Поэтому и в Чувашии не все сорта могут успешно произрастать. Возможность созревания здесь таких сортов винограда, как Шасла, Альфа и других, а также успешная перезимовка их дает нам основание рекомендовать здесь для культуры ряд европейских сортов очень ранних сроков созревания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Александров В. Г., Макаревская Е. А., О режиме некоторых пластических веществ в стеблях винограда, произрастающих в Кахетии. Научно-агрономический журнал № 5—6. 1926 г.

Материалы к познанию жизни виноградной лозы в Кахетии. Записки прикладных отделов Тифлисского ботанического сада, вып. 5. 1928 г.

2. Баранов П. А., Строение виноградной лозы. Ампелография СССР. 1946 г.

3. Гриненко В. В., О зимостойкости винограда. Виноделие и виноградарство, № 3. 1947 г.

4. Жуковский П. М., Ботаника. Сов. наука. 1949 г.

5. Иванов П. В., Прохождение фаз вегетации в зависимости от температурного режима. Тр. Всесоюз. Н. И. ин-та «Магарах» т. III. 1952 г.

6. Максимов Н. А., Внутренние факторы устойчивости растений к морозу и засухе. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции, т. XXII, вып. 1.

7. Мержаниан А. С., Виноградарство. 1951 г.

8. Негруль А. М., Виноградарство. 1952 г.

9. Потапенко Я. И., Захарова Е. И., Реакция винограда на световые и температурные условия развития. Труды ЦГЛ имени

Мичурина, Изд. ВАСХНИЛ. Селекция плодово-ягодных растений. 1937 г.

10. Потапенко Я. И., Захарова Е. И., Влияние суточных колебаний температуры на развитие растений ДАН СССР, т. XXVI, № 3. 1940 г.

11. Стоев К. Д., Динамика углеводов виноградной лозы в связи с направленностью образования и распада ди- и полисахаридов, ДАН СССР, т. XI, № 6. 1948 г.

12. Стоев К. Д., Биохимический анализ виноградного растения в годичном цикле развития. Виноделие и виноградарство СССР, № 12. 1952 г.

УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ УЛЬЯНОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ПЕДАГОГИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА имени И. Н. УЛЬЯНОВА
Том II, вып. 1. 1953 г.

Зоология

НЕФЕДОВ Н. И.

ВЛИЯНИЕ ПОЛИВА НА ДИНАМИКУ ЧИСЛЕННОСТИ ШВЕДКИ ПО ФАЗАМ РАЗВИТИЯ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

Создание Цимлянского и Сталинградского водохранилищ, Волго-Донского канала имени В. И. Ленина, многочисленных обводнительных и оросительных каналов на территории Сталинградской области обеспечит возможность орошения 625 тысяч гектаров и обводнения свыше 3 миллионов гектаров земель степных левобережных районов, Волго-Ахтубинской поймы, Сарпинской низменности и Придонских степей. Эта система мероприятий в сочетании с лесонасаждениями коренным образом изменит резко континентальный климат южных и юго-восточных районов области в сторону смягчения и послужит предпосылкой к наиболее полному использованию плодороднейших земель, к получению высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур и к мощному развитию социалистического животноводства.

В соответствии с постановлениями XX съезда КПСС в шестой пятилетке намечается дальнейшее расширение ирригационных работ в засушливых районах Советского Союза. В значительной мере это относится к областям юго-востока Европейской части СССР. О размахе нового ирригационного строительства можно судить хотя бы потому, что только по РСФСР намечается сооружение оросительных систем на площади в 258 тысяч гектаров и для лиманного орошения на площади в 255 тысяч гектаров. Только по одной Сталинградской области, кроме того, что уже сделано, намечается орошение около 50 тысяч гектаров.

В ближайшее время завершаются работы по пусковым объектам Варваровской оросительной системы с таким расчётом, чтобы колхозы Волго-Ахтубинской поймы уже в 1957 году смогли на орошаемых землях получить высокие урожаи овощей, картофеля и других культур.

В шестой пятилетке должно быть завершено строительство Генераловской оросительной системы с обслуживанием площади свыше 12 тысяч гектаров. С текущего года ведутся подготовительные работы к строительству Кисловской и Быковской оросительных систем с орошением площади свыше 23 тысяч гектаров. С пуском в строй этих новых оросительных систем получат воду многие колхозы и, частично, совхозы Ново-Николаевского и Быковского районов области.

Расширение оросительных систем приведет не только к смягчению резко континентального климата в сторону умеренного, но и обусловит новый характер естественных растительных группировок, более мощное развитие сельскохозяйственных культур с высокими и устойчивыми урожаями, что в свою очередь приведет к качественным и количественным изменениям животного населения естественных и культурных биоценозов и особенно насекомых, вредных в тех или иных отраслях сельскохозяйственного производства.

Многочисленные аутэкологические и отчасти синэкологические работы в области энтомологии показывают, что видовой состав вредных насекомых, их развитие по времени, численность и вред, наносимый ими, определяются многими факторами, из которых отметим:

а) климатические и погодные условия;

б) почвенный и растительный покров с качественными и количественными своеобразиями;

в) межвидовые и внутривидовые взаимоотношения;

г) видовые особенности вредных насекомых (жизненный цикл, плодовитость, соотношения полов, характер пищи, способ ее получения и т. д.), как особенности, исторически сложившиеся и наследственно закрепленные в ходе длительного эволюционного развития того или иного вида. Иначе говоря, условия внешней среды (с ее абиотическими и биотическими элементами), соответствующие природе вредного вида и являющиеся в данном случае условиями жизни, определяют характер массовых вспышек его.

Весь этот комплекс условий проявляет себя в том или ином направлении под мощным влиянием со стороны хозяйственной деятельности человека. Качество последней является ведущим фактором в определении характера массовых вспышек вредителей сельскохозяйственных культур. С этой точки зрения любое мероприятие, проводимое в сельскохозяйственном производстве, должно найти оценку со стороны его влияния на численность вредных и полезных элементов, как естест-

венных, так и культурных биоценозов. Практическое значение этого мероприятия настолько очевидно, что не требует особых рассуждений и доказательств.

В отношении орошения, как нового агромероприятия в засушливых районах нашей страны, можно утверждать, что виды мезофильные получат возможность к более широкому распространению и, наоборот, виды ксерофильные — к ограничению в распространении, что в значительной мере определит их хозяйственное значение в новых условиях. Наглядным примером этого может служить шведская мушка, получившая за последние годы в ряде районов Сталинградской области исключительно широкое распространение и, таким образом, превратившаяся из индиферентного вида в вид большой экономической значимости.

Географическое распространение шведской мушки теснейшим образом связано с климатическими факторами и, в первую очередь, с относительной влажностью и температурой воздуха. Чем выше относительная влажность и ниже температура воздуха данной области, тем более широкое распространение имеет шведка. Шведская мушка распространена во всех природных зонах, однако, степень ее распространения (учитывая, конечно, количественную сторону) по последним различна. В зонах с умеренным климатом, с повышенной влажностью и со средней температурой она имеет более широкое распространение. Наоборот, в засушливой зоне (степи, полупустыни), там где произрастают культурные злаки (пшеница, овес, ячмень), создаются условия ксерофитного характера, не благоприятствующие массовому размножению шведки. В степных условиях она может давать до 5 генераций за весенне-летне-осенний период, однако численность ее здесь весьма ничтожна и, следовательно, большого экономического значения иметь не может. Объясняется это тем, что «при высоких летних температурах (более 35°) и низкой влажности воздуха происходит гибель, как самих мух, так и откладываемых ими яиц» (Щеголев, ред., 1941).

Шведская мушка в условиях Сталинградской области, как показали исследования Ивановой (1950), большого практического значения как вредитель не имеет. Объясняется это тем, что пониженная относительная влажность и высокая температура воздуха в весенне-летне-осенний период оказывает угнетающее действие на развитие этого вредителя и, в конечном счете, определяет его ограниченное распространение. Сахаров (1947) говорил, что в условиях орошаемых хозяйств Нижнего

Поволжья значение шведской мушки резко повысится. По нашим данным (Нефедов, 1950) в Прикумских степях, даже в условиях неорошаемого хозяйства, численность шведской мушки на густых посевах озимой пшеницы была значительно выше, чем на редких. Это указывает на мезофильный характер этого вредителя и подтверждает правильность заключения Сахарова (1947) о том, что «Активность шведской мушки при орошении объясняется изменением микроклимата, когда повышается относительная влажность воздуха и снижается температура».

Крышталь (1950) указывает на то, что «В засушливые 1936 и 1946 гг. наблюдалась большая концентрация шведской мушки в зарослях лозы вокруг пойменных озер и болот».

Не рассматривая специально вопроса о влиянии полива на численность шведки, Щеголев (1938), тем не менее, пишет, что «Оросительные работы, в корне изменяя водный режим воздуха и почвы, а при более крупных работах (например, в связи с проблемой «Большой Волги») способные изменить и климат больших территорий, очевидно, не пройдут бесследно для вредных насекомых». Одновременно с этим указывается и на то, что «К сожалению, в литературе мы имеем еще очень мало данных по влиянию водного режима на насекомых и на болезни». Лишь позднее, специальными исследованиями Сусидко (1954) на Украине установлено, что численность шведской мушки на участке с поливом возрастает в четыре раза в сравнении с неполивным участком.

Нашими исследованиями в 1953 году в районе Волго-Донского канала имени В. И. Ленина установлен мезофильный характер шведской мушки (Нефедов — 1955, 1956); в то же время показано, что в определении относительной численности шведки большое значение имеют сроки полива (диаграмма № 1), а из последних — вегетационный полив оказывает наиболее благоприятное влияние на возрастание численности этого вредителя. Предсказание Сахарова (1947) о том, что орошение в условиях Нижнего Поволжья приведет к более широкому распространению шведки и к повышению ее роли, как вредителя подтверждается не только опытами (Нефедов, 1955, 1956), но и практикой жизни (Лангельд и Морозова, 1956). Лангельд и Морозова (1956) указывают на массовое повреждение хлебов шведской мушкой в условиях Сталинградской области в 1956 году. Они говорят, что «Такой размер повреждения хлебов шведской и гессенской мухами наблюдается у нас впервые». Причину этого обстоятельства они видят в низкой температуре и повышенной влажности воздуха в весенний период,

что приводит к растянутости фаз развития яровой пшеницы и что это «способствовало повреждению хлебов злаковыми мухами и хлебным пилильщиком». С этим утверждением нельзя не согласиться, однако, нельзя забывать и об условиях размножения шведки и ее численности в составе не только культурных, но и естественных биоценозов. Это тем более важно, что по существу естественные биоценозы со злаковой дикой и сорной растительностью являются резервацией шведки (Нефедов, 1953).

На стадии закоконированной личинки шведка может встречаться и на диких злаках, на падалице и сорных злаках, развивающихся с осени на полях, подготавливаемых для посева яровой пшеницы. Мельниченко (1949) говорит, что шведская мушка встречается не только среди естественных стаций, но и размножается здесь. Следовательно, в природных условиях засушливой зоны шведка всегда имеется, но при ее малой численности и отсутствии благоприятных условий для массового размножения и выживаемости в виде повышенной относительной влажности и пониженной температуры большого хозяйственного значения иметь не может. Наоборот, в районах и областях при минимальной численности шведки в составе естественных и культурных биоценозов, но при наличии благоприятных условий и в первую очередь при повышенной относительной влажности и пониженной температуре, шведка может давать не только периодические вспышки, но и всегда будет держаться на таком высоком уровне, при котором превратится в вид большого экономического значения. Однако в том и другом случае решающая роль в определении массовой вспышки шведки остается за хозяйственной деятельностью человека. В условиях резко континентального климата юго-восточных районов Европейской части СССР, при широком строительстве ирригационных сооружений создадутся условия, способствующие массовому распространению шведской мушки и, вместе с этим, большему повреждению хлебных злаков. Только введение в культуру устойчивых сортов, без учета других факторов и мероприятий со стороны человека, не может решить проблемы сведения шведки до уровня вида с малым экономическим значением. Дело в том, что устойчивость одного и того же сорта, например, пшеницы изменяется в зависимости от географического расположения места его возделывания. Например, Мелянопус-69 — твердая пшеница, сорт районированный для Сталинградской области «К шведской мухе сравнительно устойчив на Северном Кавказе, на Украине сильно повреждает-

ся» (Якубцинер и Поволоцкая, 1947). Об этом же говорит и Чесноков (1947) «... у ряда форм твердой пшеницы (Triticum durum) обнаружилось резкое варьирование степени поражаемости и выносливости к повреждениям (шведкой, Н.) в зависимости от места их испытания». Кроме того, при рассмотрении этого вопроса, нельзя не учитывать пищевой специализации местных рас шведки, приспособленных к пищевым качествам местных сортов пшеницы.

В связи с тем, что орошение посевов яровой пшеницы в условиях Сталинградской области ведет к значительному возрастанию численности шведской мушки (особенно при вегетационном и частично при зимне-вегетационном поливе) встает вопрос о разработке таких мероприятий, которые ограничили бы вредную деятельность ее. Это ограничение может пойти по линии уменьшения численности этой мушки в естественных и искусственных стациях, по линии усиления устойчивости сортов хлебных злаков в отношении поражаемости и повреждаемости шведкой и т. д. Так, Чесноков (1953) указывает на большую поражаемость шведской мухой сортов твердой пшеницы в сравнении с сортами мягкой пшеницы. В «условиях орошения..... при массовом развитии шведской мухи было установлено, что устойчивость ряда сортов твердой пшеницы к этому вредителю резко повышается». Связано это, конечно, не только с улучшением условий питания пшеницы, но и с неприспособленностью местных рас шведки к пищевым качествам новых сортов пшеницы для данной местности. Приводимые данные Чеснокова (1953, 1956) для нас тем более интересны, что относятся они к опытам, поставленным в 1951 году на участках Валуйской опытной станции, Сталинградской области. Конечно, возможно, что орошение ведет к увеличению устойчивости твердых сортов пшеницы к поражаемости и повреждаемости шведкой, как говорит Чесноков (1953. 1956). Однако орошение по времени его проведения может быть разным, а в связи с этим это мероприятие в разной степени сказывается на степень поражения и повреждения, что в свою очередь является результатом численности вредителя на определенных фазах развития пшеницы.

В задачу настоящего исследования входило:

а) выяснение причин малочисленности шведки на варианте опыта с зимним поливом (кратко об этом говорилось в нашей работе 1956 года);

б) рассмотрение динамики численности шведки по фазам развития яровой пшеницы на различных вариантах опыта;

Диаграмма № 1.

Динамика относительной численности шведки по вариантам опыта в связи с фазами развития яровой пшеницы Мелянопус-69.

Обозначения:

А. — Фазы в развитии яровой пшеницы: 1 — кущение, 2 — выход в трубку, 3 — колошение, 4 — цветение, 5 — начало фазы молочной спелости, 6 — молочная спелость, 7 — восковая спелость. Б. — Проценты относительной численности шведки по фазам развития пшеницы даются исходя из общей ее численности по каждому варианту опыта. В. — Столбики с правой стороны диаграммы характеризуют процент шведки от общей ее численности, взятой суммарно по всем вариантам опыта.

Варианты опыта	Фазы развития яровой пшеницы и % шведки							% шведки по вариантам опыта
	1	2	3	4	5	6	7	
Контроль	37,7	23,7	7,0	8,1	7,8	13,8	1,9	24,2
Вегетационный полив	46,1	21,1	3,0	12,6	5,7	10,4	1,1	33,9
Зимне-вегетационный полив	25,3	40,4	7,4	7,3	9,3	8,7	1,6	29,0
Зимний полив	19,3	17,2	3,9	22,8	11,8	18,2	6,8	12,9
	1	2	3	4	5	6	7	

в) анализ мероприятий по борьбе со шведкой в связи с орошением яровой пшеницы.

Описание места работы, некоторых мероприятий, связанных с возделыванием яровой пшеницы, методики сбора материалов по относительной численности шведки приводятся в нашей работе (Нефедов, 1956).

Об общей картине относительной численности шведки по вариантам опыта и основным фазам в развитии яровой пшеницы Мелянопус-69 можно судить по данным диаграммы № 1.

Из обширной литературы, из данных опытов Сусидко (1954) и наших материалов (см. диаграмму № 1 и нашу работу за 1956 г.) видно, что шведская мушка является мезофильным видом. Однако сопоставление процентных соотношений шведки (суммарные данные по всем фазам развития яровой пшеницы) по разным вариантам опыта приводит к заключению о ее наибольшей численности на участках с вегетационным (33,9%) и зимне-вегетационным (29,0%) поливом в сравнении с контрольным неполивным участком (24,2%). На участке же с зимним поливом относительная численность шведки определяется всего лишь в 12,9%, что составляет, примерно, 50% от ее численности на контрольном участке и является, таким образом, минимальной. Выходит, что участок с зимним поливом по своим условиям является почти в такой же степени ксерофитным, как и контрольный — неполивной участок. Это заключение подтверждается почти одинаковой густотой стеблестоя (по контролю 141 на 1 кв. м, а по участку с зимним поливом — 155), почти одинаковой степенью засоренности (18 и 19 побегов сорняков на 1 кв. м), одинаковым характером развития корзинок, например, Мульгедиум татарского (51 и 50 корзинок на 1 побег) и высотой стеблестоя (48 и 55 см) и т. д. Если это так, то чем же объяснить резко пониженную численность шведки на участке с зимним поливом в сравнении с контрольным—неполивным? Известно, что шведская мушка зиму проводит или в стадии взрослой личинки внутри стеблей озимых хлебов, падалицы, диких или сорных злаков или же в стадии закоконированной личинки. Первое имеет место в условиях умеренного, а второе — в условиях континентального климата, хотя возможно то и другое, что определяется погодными условиями осени.

«При температуре приземного слоя воздуха в 12° личинки оживают, и вскоре образуется пупарий, в котором происходит окукливание мухи... Поведение мух зависит от температуры воздуха: при температуре меньше 8° мухи неподвижны, при 8—15° мухи летают, питаются, но яиц не откладывают (вегетативная активность), при 16—30° мухи кладут яйца, усиленно питаются, температуры выше 35° снова действуют на муху угнетающе» (Щеголев, ред., 1941). Яйца откладываются мухами преимущественно на стебли с 1—3 листьями.

Приводимые данные из биологии шведки до некоторой сте-

пени позволят осветить вопрос о ее низкой численности на участке с зимним поливом в сравнении с контрольным—неполивным. На опытных участках комплектование группы шведки биоценоза пшеничного поля идет за счет:

а) вылетающих мух из стеблей падалицы и сорных злаков еще до посева яровой пшеницы;

б) прилетающих мух с озимых посевов и с естественных стаций с дикими и сорными злаками (межи, залежи и т. д.);

в) мух второго и последующих поколений, развивающихся на данном поле яровой пшеницы;

г) мух второго и последующих поколений, развивающихся на естественных стациях, межах, залежах и т. д. и являющихся в какой-то мере иммигрантами.

Все эти четыре компонента мух принимают участие в формировании численности группы шведки на контрольном — неполивном участке яровой пшеницы во все фазы развития последней. Численность мушек здесь по разным фазам в развитии яровой пшеницы координировалась со стороны ксерофитных условий этой стации, что обусловило 24,2% ее состава от общей численности по всем вариантам опыта и по всем фазам в развитии яровой пшеницы.

Мезофильный характер шведки, вытекающий из ее природы, обусловил ограниченное распространение на контрольном —неполивном участке в сравнении с ее численностью на участках с вегетационным и зимне-вегетационным поливом. На участке с вегетационным поливом численность шведки, в сравнении с другими вариантами опыта, максимальная и составляет 33,9% от общей ее численности по всем вариантам опыта. Комплектование группы шведки здесь шло за счет тех же четырех компонентов, но с различной степенью значимости их. Так, значение второго, третьего и четвертого компонентов, в сравнении с первым, выразилось в большей степени, т. к. при вегетационном поливе в стации создаются наиболее благоприятные условия для заселения иммигрантами и для развития новых поколений, как иммигрантов, так и мух, вышедших здесь же на участке. Мезофильными условиями и объясняется наибольшая численность шведки на варианте опыта с вегетационным поливом в сравнении с остальными.

Численность шведки на варианте с зимне-вегетационным поливом занимает промежуточное положение между численностью ее на участках с вегетационным поливом и без полива — контрольным. Она определяется в 29% от общей массы сборов шведки по четырем вариантам. Шведка варианта с

зимне-вегетационным поливом комплектовалась за счет последних трех компонентов и, особенно, на первых фазах развития яровой пшеницы, т. е. за счет иммигрантов весеннего поколения, иммигрантов второго и последующих поколений и за счет мух второго и последующих поколений, развивающихся здесь на месте.

Что касается шведки, составляющей первое весеннее поколение, то в формировании общей группы шведки биоценоза участка с зимне-вегетационным поливом, играть большого значения она не могла. Дело в том, что при зимнем поливе образующийся лед вызывает гибель свободных или закоконировавшихся личинок.

Этим обстоятельством и объясняется снижение численности шведки на варианте опыта с зимне-вегетационным поливом в сравнении с ее численностью на варианте опыта с вегетационным поливом. Вегетационный же полив на участке с зимне-вегетационным поливом создает благоприятные условия для его заселения иммигрантами, способствует их размножению и более широкому распространению, хотя и меньшему в сравнении с вариантом вегетационного полива. Наконец, на варианте с зимним поливом комплектование группы шведки шло за счет второго, третьего и четвертого компонентов. Участие первого компонента здесь выпадает, что является результатом вымерзания свободных или закоконировавшихся личинок под влиянием льда, образовавшегося при поливе зимой.

При отсутствии вегетационного полива на участке только с зимним поливом создаются ксерофитные условия, которые не обеспечивают иммигрантам возможности не только обильного заселения, но и тем более размножения, как особям мезофильного вида. В результате этого численность шведки на участке с зимним поливом значительно ниже не только по сравнению с численностью на вариантах с зимне-вегетационным и вегетационным поливом, но даже с численностью контрольного — неполивного участка, составляя всего лишь 12,9% от общей численности шведки по всем вариантам опыта или почти 50% от численности ее на контрольном — неполивном участке. Роль шведки, за счет которой шло формирование этой группы вредителей яровой пшеницы, показана на прилагаемой схеме.

Пояснения к схеме:

1. **К** — контрольное или неполивное поле; **В** — поле с вегетационным поливом; **З-В** — означает поле с зимне-вегетационным поливом; **З** — поле с зимним поливом.

2. Квадраты означают шведку, за счет которой шло формирование ее численности в составе биоценоза яровой пшеницы по всем вариантам опыта.

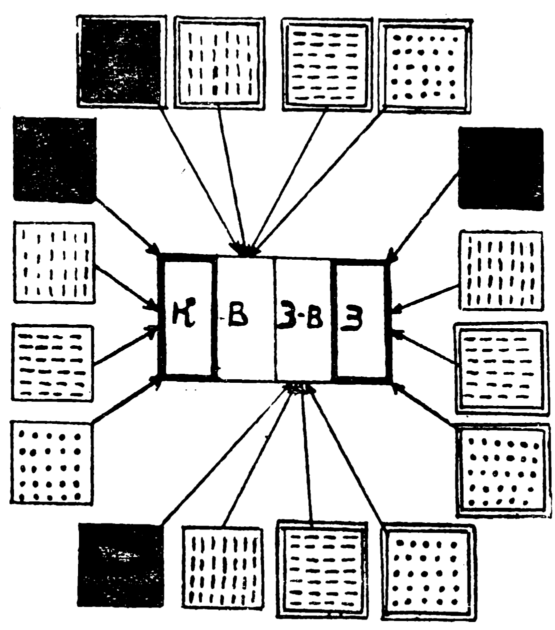
3. Прямоугольники с черной окантовкой и с обозначением **К** и **З** означают участки с ксерофитными особенностями.

4. Квадраты с черной окантовкой означают главные группы шведки (аборигенной и иммиграционной), за счет которой шло нарастание ее численности в составе животного населения опытных участков.

5. Стрелки указывают направление групп шведки, за счет которой шло комплектование ее численности на том или ином опытном участке.

СХЕМА

ФОРМИРОВАНИЯ ГРУППЫ ШВЕДКИ БИОЦЕНОЗА ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ



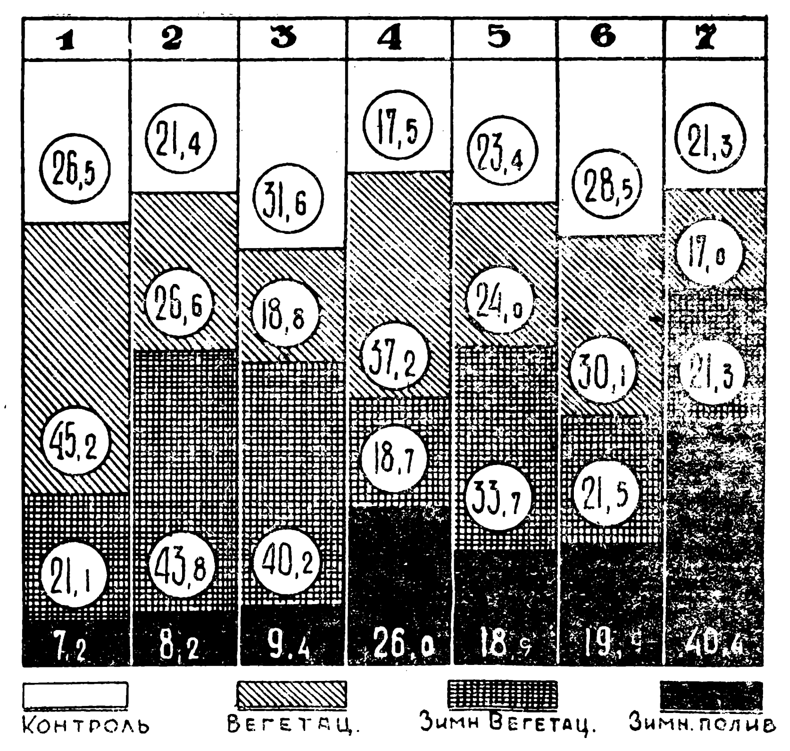
АБОРИГЕННАЯ ШВЕДКА-ВЕСЕН. П-НИЕ
ЕЁ 2-е И ПОСЛЕДУЮЩИЕ ПОКОЛЕНИЯ
ВЕСЕННЕЕ ПОКОЛЕНИЕ ИММИГРАНТОВ
ИХ 2-е И ПОСЛЕДУЮЩИЕ ПОКОЛЕНИЯ МУХ

Рассмотрим численность шведки в связи с фазами развития яровой пшеницы по разным вариантам опыта. На диаграмме № 2 приводится численность шведки, выраженная в %% по отношению к сумме сборов ее по отдельным фазам в развитии яровой пшеницы (за исключением фазы всходов).

Отсутствие данных по фазе всходов яровой пшеницы, конечно, большой недостаток, тем более, что мухи весеннего поколения обладают исключительно высокой избирательной способностью в отношении кладки яичек на стебли с 1—3 листочками. Однако общая тенденция к понижению численности

Диаграмма № 2.

Процентные соотношения в численности шведки по всем вариантам опыта для различных фаз в развитии яровой пшеницы



Обозначения: 1 — фаза кущения; 2 — фаза выхода в трубку; 3 — фаза колошения; 4 — фаза цветения; 5 — начало фазы молочной спелости; 6 — фаза молочной спелости; 7 — фаза восковой спелости.

шведки от фазы кущения до восковой спелости яровой пшеницы по всем вариантам опыта совершенно очевидна (см. диаграмму № 1).

В фазу кущения наибольшая численность шведки отмечается на варианте с вегетационным поливом (45,2%), что еще в большей степени подчеркивает мезофильный характер этого вида. На варианте с зимним поливом в эту фазу развития яровой пшеницы процент шведской мушки минимальный

(7,2%). Объясняется это не только ксерофитными чертами участка с зимним поливом, но, главным образом, ничтожной ролью аборигенной шведки, погибающей здесь в результате образования льда в зимний период и находившейся в стадии свободной или закоконированной личинки. Что касается иммигрантов, то для них ограничивающим фактором для заселения явились ксерофитные условия участка с зимним поливом. На участке с зимне-вегетационным поливом процент шведки несколько ниже в сравнении с контрольным — неполивным участком (21,1 против 26,5%).

В формировании группы шведки здесь большое влияние оказали две причины: а) зимний полив обусловил гибель аборигенной мухи, развивавшейся здесь на падалице и сорных злаках с осени; и б) вегетационный полив, создавая здесь мезофитные условия, способствовал заселению яровой пшеницы в фазу кущения более обильным залетом шведки из других стаций. Мезофитные условия на этом участке способствовали и более лучшему развитию последующих поколений шведки, частично аборигенной, а главным образом, иммиграционной. Максимальная численность шведки в фазу кущения на участке с вегетационным поливом является следствием большого выплода аборигенных мух весеннего поколения и более активного заселения иммиграционными мухами.

Вегетационный полив, создавая мезофитные условия, способствовал не только концентрации здесь аборигенных и иммиграционных мух, но и их размножению и развитию последующих поколений. На контрольном — неполивном участке ксерофитные условия в фазу кущения яровой пшеницы определили численность шведки в 26,5%. Это несколько выше в сравнении с численностью ее на участке с зимне-вегетационным поливом (21,1%). Это обстоятельство мы ставим в связь с тем, что при зимне-вегетационном поливе численный состав шведки формировался только за счет иммиграционной. Однако полив здесь в период вегетации яровой пшеницы, создавая мезофитные условия, определил более повышенную численность ее в сравнении с численностью на участке только с зимним поливом.

Несколько иные соотношения наблюдаем в фазу выхода в трубку. Эти соотношения изменяются в сторону максимальной численности шведки на участке с зимне-вегетационным поливом (43,8%) и значительно снижаются по вариантам опыта с вегетационным поливом (26,6%) и контролем (21,4%).

Следует отметить, что из всей массы сборов шведки, собранной со всех вариантов опыта и по всем фазам развития

яровой пшеницы, на фазу выхода в трубку приходится около 26,9%, в то время как на фазу кущения — около 34,6% и на все остальные пять фаз — 38,5%. Суммарные же данные по фазам развития яровой пшеницы всех вариантов опыта проявляют тенденцию к постепенному понижению численности шведки, начиная от фазы кущения и до фазы восковой спелости. Чем же объяснить, что в фазу выхода в трубку максимальная численность этого вредителя приходится на участок с зимне-вегетационным поливом?

Из «Схемы формирования группы шведки биоценоза яровой пшеницы» видно, что на участке с вегетационным поливом в комплектовании численности шведки принимали участие мухи аборигенные и иммиграционные. На участке же с зимне-вегетационным поливом преобладающее значение имела иммиграционная шведка. Однако заселение этого участка шведкой шло замедленными темпами, т. к. некоторая ксерофитность его в весенний период (полив зимой и редкий травостой) не могли способствовать дружному заселению иммиграционной шведкой яровой пшеницы в фазу кущения. Лишь в связи с вегетационным поливом на участке создавались мезофитные условия, что и привело к наибольшей численности шведки не только в фазу выхода в трубку, но и в фазу колошения в сравнении с остальными вариантами опыта.

Резкое падение численности шведки в фазу колошения по всем вариантам опыта, в сравнении с предшествующими фазами (кущения и выхода в трубку) и отчасти в сравнении с фазой цветения, начала молочной спелости является следствием сильного ветра, отрицательно сказавшегося на результаты кошения количественным энтомологическим сачком. В фазу цветения наибольшая относительная численность шведки падает на вариант с вегетационным поливом, в фазу начала молочной спелости — на вариант с зимне-вегетационным поливом, в фазу молочной спелости — на вариант с зимне-вегетационным поливом.

Следовательно, ясной картины в отношении соотносительной численности шведки по вариантам опыта, начиная с фазы цветения, подметить не удается. Очевидно лишь одно, что общая тенденция по всем вариантам опыта с начальной и до конечной фазы в развитии яровой пшеницы сводится к уменьшению численности шведки. Это и понятно, если учесть, что наибольшая поражаемость и повреждаемость яровой пшеницы шведкой падает на самые ранние фазы в ее развитии. Возможно, что даже самые незначительные изменения микрокли-

матических условий в опытных участках в сторону ксерофитности явились причиной не только численной перегруппировки шведки, но и обусловили ее гибель, т. к. понижение относительной влажности и повышение температуры стации является ограничивающим фактором численности этого вредителя как мезофильного вида.

Несомненно, что в условиях резко континентального климата юго-востока европейской части Советского Союза в связи с расширением орошаемых площадей численность шведки, а вместе с этим и ее экономическое значение, безусловно, возрастет. И если здесь истребительные меры в отношении шведки применялись лишь в годы, наиболее благоприятствовавшие ее широкому распространению на злаковых культурах и носили спорадический характер, то в новых условиях они должны войти в систему сельскохозяйственного производства. Пренебрежительное отношение к истребительным и профилактическим мероприятиям в отношении шведки может привести к часто повторяющимся ее массовым вспышкам и к значительным потерям урожая зерновых культур.

В районах умеренного климата в сельскохозяйственной практике широкое применение имели следующие и, главным образом, профилактические мероприятия:

а) ранние сроки посева как мера, исключающая возможность поражения личинками шведки первичных стеблей пшеницы и в слабой степени поражающих вторичные стебли;

б) внесение в почву азотистых удобрений в качестве средства повышения устойчивости культуры в отношении ее поражаемости шведкой и другими вредителями;

в) яровизация семян, как средство усиления энергии кущения, компенсирующего потери от вредной деятельности личинок шведки;

г) лущение стерни и зяблевая вспашка как мера, предупреждающая появление всходов падалицы и ограничивающая выживаемость вредителя на поле;

д) введение в культуру сельскохозяйственного производства районированных сортов с высокой устойчивостью в отношении поражаемости и повреждаемости шведкой.

За последнее время Павлов (1953) в условиях Пензенской области, исходя из экологических особенностей шведки с ее мезофильностью, выдвинул новый метод борьбы с ней. Дело в том, что по мере развития зерновой культуры и перехода ее от молодой к старшим по возрасту фазам, происходит уплотнение тканей стеблей. Это уплотнение предохраняет культуру

от поражаемости шведкой, в связи с чем мухи первого и второго поколения улетают в другие стации с более благоприятными условиями для их жизни и выживаемости. Исходя из этого, Павлов (1953) предложил провокационный метод подкашивания культуры в ранние фазы ее развития. Подкашивание культуры на небольших приманочных площадках среди посева приводит к усиленному кущению, к появлению в местах среза стеблей капелек сока и в связи с этим к концентрации здесь в больших количествах шведской мушки. На таких приманочных площадках шведка уничтожается 5% ДДТ и 7% ГХЦГ в количествах до 75%.

На подкошенных приманочных площадках в фазу 3—4 листьев яровой пшеницы (примерно конец мая для Пензенской области) опыливание ДДТ приводит к гибели до 50% мух. Это истребительное мероприятие в условиях орошаемого хозяйства юго-востока европейской части СССР в сочетании с агрокультурными мерами борьбы может послужить надежным средством сохранения социалистического урожая от потерь.

Выводы из проделанной работы:

1. Мезофильный характер шведской мушки в условиях континентального климата юго-восточных степей совершенно очевиден.

2. С расширением оросительных работ в юго-восточных областях европейской части СССР роль шведской мушки, как вредителя зерновых культур значительно возрастет.

3. В определении численности шведки, а следовательно, и ее экономического значения большую роль играют сроки полива; наибольшая численность ее приходится на участки яровой пшеницы с вегетационным и зимне-вегетационным поливом и наименьшая — на контрольный участок и особенно на участок с зимним поливом.

4. На всех опытных участках численность шведки, как правило, понижается от ранних в сторону более поздних фаз в развитии яровой пшеницы; исключением является участок с зимним поливом, где установить какую-либо закономерность в численности шведки в связи с фазами в развитии яровой пшеницы не удается.

5. Формирование группы шведки в составе биоценоза яровой пшеницы по всем опытным участкам идет за счет аборигенной и иммиграционной мухи, роль которых на разных вариантах опыта различна.

6. Хотя зимний полив отрицательно сказывается на численность шведки и определяет более или менее равномерное ее

распределение по фазам в развитии яровой пшеницы, однако рекомендовать зимний полив в качестве средства борьбы с этим вредителем не следует, т. к. амбарный урожай зерна (9,3 ц) хотя и выше по сравнению с контролем (6,2 ц), но значительно ниже урожая по опыту с вегетационным и зимне-вегетационным поливом (13,6 и 15,3 ц).

Состоятельность сделанного заключения в отношении оценки зимнего полива тем более очевидна, что нормы высева яровой пшеницы по вариантам опыта были разными. Если учесть это обстоятельство, то амбарный урожай зерна на килограмм высеянного по вариантам опыта определяется: для контроля в 7,8 кг, для участка с зимним поливом в 7,8 кг, для участка с вегетационным поливом в 10,0 кг и для участка с зимне-вегетационным поливом в 10,9 кг.

ЛИТЕРАТУРА

1. Иванова А. И., К изучению биоценоза пшеничного поля Мелянопус-69 в условиях Заволжья. Ученые записки Сталинградского пединститута. Вып. 2. 1950.

2. Крышталь А. Ф., Распространение вредителей сельскохозяйственных и технических культур в естественных стациях долины среднего Днепра. Тезисы докладов на 2-й экологической конференции. Киев. 1950.

3. Лангельд Ф. и Морозова А., Защитим будущий урожай от сельскохозяйственных вредителей! Сталинградская правда, 17/VIII-56, № 192.

4. Мельниченко А. И., Полезащитные полосы и размножение животных полезных и вредных для сельского хозяйства. Изд. Московского общества испытателей природы. Москва. 1949.

5. Нефедов Н. И. Полив и относительная численность главнейших компонентов биоценоза яровой пшеницы. Тезисы доклада. Сталинград. 1955.

6. Нефедов Н. И. Влияние сроков полива на относительную численность главнейших элементов животного населения биоценоза яровой пшеницы. Ученые записки Ульяновского пединститута. Вып. IX. 1956.

7. Нефедов Н. И., Сохраним социалистический урожай от злостного вредителя. Сталинград. 1954.

8. Нефедов Н. И., Биоценоз Ворошиловской озимой пшеницы и возможность направленного изменения его. Ученые записки Сталинградского пединститута. Вып. 2. 1950.

9. Нефедов Н. И., К происхождению и сравнительному изучению биоценоза люцернового и пшеничного поля. Ученые записки Сталинградского пединститута. Вып. 3. 1953.

10. Нефедова И. Н., О влиянии густоты стеблестоя Ворошиловской озимой пшеницы на степень повреждаемости комплексом вредителей. Ученые записки Сталинградского пединститута. Вып. 2. 1950.

11. Павлов И. Ф., Использование экологических особенностей шведской мухи и стеблевой блохи для борьбы с ними. Тезисы докладов на 2-й экологической конференции. Киев, ч. I. 1950.

12. Сахаров Н. А., Вредные насекомые Нижнего Поволжья. Саратов. 1947.

13. Сусидко., Изменения вредной энтомофауны пшеницы под влиянием орошения. Доклад на 3-й экологической конференции. Киев. 1954.

14. Чеснóков П. Г., Методы исследования устойчивости растений к вредителям. Сельхозгиз. 1953.

15. Чесноков П. Г., Сорта яровой пшеницы, устойчивые к шведской мухе. Доклады ВАСХНИЛ (11). 1947.

16. Чесноков П. Г., Устойчивость зерновых культур к насекомым. Москва. 1956.

17. Шубин В. Ф., Эффективность позднеосенних и зимних влагозарядных поливов на орошаемых землях в зоне Волго-Донского канала имени В. И. Ленина. Тезисы докладов. Сталинградский СХИ. 1954.

18. Щеголев В. Н. ред., Сельскохозяйственная энтомология. Москва. 1941.

19. Щеголев В. Н. Агротехнические методы защиты полевых культур от вредных насекомых и болезней. Москва—Ленинград. 1938.

20. Якубцинер М. М., Пшеница. Руководство по апробации сельскохозяйственных культур, т. I. Зерновые культуры. ОГИЗ—Сельхозгиз. Москва. 1947.

УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ УЛЬЯНОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ПЕДАГОГИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА имени И. Н. УЛЬЯНОВА
Том II, вып. 1. 1958 г.

НЕФЕДОВ Н. И.

ВЛИЯНИЕ ОРОШЕНИЯ НА ДИНАМИКУ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ЧИСЛЕННОСТИ НЕКОТОРЫХ ХИЩНЫХ ЧЛЕНИСТОНОГИХ В СОСТАВЕ БИОЦЕНОЗА ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

Все явления природы находятся во взаимной связи и взаимной обусловленности. Эти взаимосвязи отчетливо проявляются в пределах любого естественного и культурного биоценоза и выражаются в форме межвидовых и внутривидовых взаимоотношений, классификации которых показаны в работах Беклемишева (1951), Иоганзена (1954), Нефедова (1955) и других авторов.

Межвидовые и внутривидовые взаимоотношения как особенности, исторически сложившиеся и наследственно закрепленные, в конечном итоге определяют качественный и количественный состав биоценозов на фоне тех или иных абиотических факторов среды обитания животных и растительных организмов. В пределах определенного биоценоза качественная сторона животного населения остается более или менее постоянной. Это постоянство является отражением прошлой длительной истории эволюционного развития биоценоза.

Что касается количественной стороны отдельных видов, как животных, так и растительной части биоценоза, то она подвержена значительным изменениям, вытекающим из межвидовых и внутривидовых взаимоотношений, в разных формах проявляющихся на фоне постоянно изменяющихся условий внешней среды.

В основе межвидовых взаимоотношений ведущая роль принадлежит трофическим связям, в то время как в основе внутривидовых взаимоотношений лежат в первую очередь генеративные или воспроизводительные связи. Изучение изменений количественной стороны биотических элементов естест-

венных и искусственных биоценозов представляет не только теоретический, но и практический интерес.

Практический же интерес количественных изменений биотических элементов биоценозов вытекает из того экономического значения, которое представляют отдельные виды животных и растительных организмов в составе биоценоза. Всем известно деление членистоногих на виды вредные, полезные и безразличные — индиферентные. Например, вредная черепашка относится к наиболее серьезным вредителям зерновых культур в условиях юго-востока европейской части СССР. Однако ее вредная деятельность проявляется не во все годы, а в годы наиболее благоприятные по своим погодным условиям, способствующим массовому распространению этого вредителя.

Следовательно, качественная сторона вредной черепашки, как вредителя, проявляется в годы ее максимального количественного выражения. Количественная же сторона ее выражения определяется не только комплексом абиотических, но и биотических условий. К последним относятся насекомоядные птицы, паразиты в виде теленомусов, мух фазий, хищников пауков, муравьев и других беспозвоночных и позвоночных животных. Это же заключение относится и к другим вредителям сельскохозяйственных культур.

Роль хищников в снижении численности вредных насекомых биоценозов культурных полей детальному исследованию не подвергалась. Указания на положительное значение хищных членистоногих имеются в работах Харитонова (1936), Рекач (1938), Николя (1943), Щеголева (1941), Плавильщикова (1948), Нефедова (1948, 1950, 1953, 1956), Мельниченко (1949), Ивановой (1950) и других авторов. Однако, указанные работы по роли хищных членистоногих в уничтожении вредных насекомых не носили характера систематических исследований и не вскрывают в полной мере их экономического значения.

В работах по биоценозу пшеничного и люцернового поля (Нефедов, 1950, 1953) указывалось на массовое уничтожение взрослых и личинок пшеничного трипса, тлей и других вредных насекомых пауками, личинками и взрослыми жуками коровками и т. д. В практике сельскохозяйственного производства этот естественный фактор в снижении численности вредных насекомых (тлей, трипсов, цикадок и др.) обычно не учитывается. Никаких мер по увеличению численности полезных членисто-

ногих в составе биоценозов культурных полей не применялось и не применяется. Объясняется это следующими причинами:

а) почти полным отсутствием литературных сведений о количественной стороне хищных членистоногих в составе естественных и, тем более, культурных биоценозов; б) ограниченными знаниями по биоэкологии этой группы членистоногих; в) неразработанностью методов разведения и практического использования хищных членистоногих в борьбе с вредителями сельскохозяйственных культур.

Во всяком случае, во всех этих направлениях предстоит еще большая и кропотливая работа коллективов ученых с тем, чтобы биологический метод борьбы нашел широкое применение в деле уничтожения вредных насекомых.

Между тем, качественно-количественные исследования, например, биоценоза пшеничного поля показывают, что роль хищных членистоногих с количественной стороны настолько значительна, что пренебрегать этим естественным фактором в качестве биологического средства борьбы нельзя. Так, при обследовании животного населения Ворошиловской озимой пшеницы (Ставропольский край, Буденновский район) 8/VII-46 г. в час дня в пробе в 200 ударов методом кошения количественным энтомологическим сачком подсчитано 28 пауков, 17 полосатых трипсов, 9 клопов-редувиев, 5 изменчивых коровок и 2 семиточечные коровки.

Облавливаемая площадь определяется в 60 кв. м. Следовательно, на 1 га посева общая численность хищных членистоногих определяется: для пауков — около 4700 экземпляров, для полосатого трипса — около 2800, для редувия — 1500, для изменчивой коровки — около 850 и для семиточечной коровки — свыше 300 экземпляров.

Цифры эти явно занижены, т. к. уловистость количественного энтомологического сачка едва ли достигает 10% от действительной численности хищников-членистоногих в составе биоценоза озимой пшеницы. Однако даже при применении относительного метода учета численности животного населения, роль хищных его элементов довольно значительна. Эта положительная роль их станет понятной, если учесть исключительную прожорливость многих из них. Поэтому не случайно, что Плавильщиков (1948) утверждает: «За день коровка съедает по сотне, а то и больше тлей», а Щеголев (ред., 1941)

указывает, что семиточечная коровка за день съедает около 40—70 тлей и до 270 их личинок. Прожорливость же личинок коровок значительно выше, что связано с их усиленным ростом.

Таким образом, приведенные данные говорят о несомненной пользе хищных членистоногих в составе животного населения культурных полей и о их положительном значении в ограничении численности насекомых, вредных для сельскохозяйственных культур. Об этом же говорят и наши данные по совпадению максимума численности вредных и полезных элементов животного населения Ворошиловской озимой пшеницы по соответствующим ее фазам развития (Нефедов, 1950).

В задачу настоящей работы входил вопрос о выяснении роли полива в определении динамики численности некоторых хищных членистоногих в составе биоценоза яровой пшеницы в связи с фазами в развитии последней. Время, место и техника работы описаны в нашей статье (Нефедов, 1956). Этот вопрос мы рассмотрим на примере жуков-коровок, ктырей и пауков, как членистоногих, довольно широко представленных в составе биоценоза яровой пшеницы в условиях юго-востока.

Жуки-коровки — Coccinellidae

В 28 пробах, взятых на протяжении всей вегетации яровой пшеницы по всем вариантам опыта, жуков-коровок оказалось 2059 или 86,5% и их личинок 322 или 13,5%. Эти соотношения численности между взрослыми коровками и их личинками показывают, что яровая пшеница не является основной стацией размножения жуков-коровок, что значительная часть последних мигрировала сюда из естественных стаций, что эти миграции связаны с нахождением здесь обильной пищи, с усиленным питанием их и с накоплением жировых веществ, так необходимых для переживания в зимних условиях мест зимовки.

Видовой состав очень беден и представлен несколькими видами: коровка изменчивая, семиточечная коровка, пропилея 14-точечная, коровка 14-пятнистая, коровка 13-точечная, из которых на долю изменчивой коровки приходится 92,2%, на долю семиточечной коровки—4,1% и на все остальные—3,7%.

Таким образом, практически мы можем говорить об изменчивой коровке. Следует отметить бедный видовой состав жуков-коровок и в биоценозе Ворошиловской озимой пшеницы в Ставропольском крае (Нефедов, 1950).

В исследовании кокцинеллид Украинской ССР Дядечко (1954) в отношении изменчивой коровки указывает, что она:

а) встречается в полевых условиях;

б) массовые размножения приурочены к местам с большим скоплением тлей;

в) в год дает два поколения, из которых первое появляется во второй половине мая, второе — во второй половине июня;

г) зиму проводит во взрослом состоянии под подстилкой лесополос, садов, парков, опушек лесных массивов и редко — на полях, среди растительных остатков.

Исходя из этого, можно было бы утверждать, что при заселении посевов яровой пшеницы, по мере ее развития, кривая численности должна носить двувершинный характер. Действительно, это заключение применимо в отношении динамики численности изменчивой коровки на посевах Ворошиловской озимой пшеницы в Ставропольском крае (Нефедов, 1950). Первый максимум совпадает с фазой кущения и второй — с фазой молочной спелости.

Однако, как мы увидим из дальнейшего, оно не применимо в отношении материалов, относящихся к Сталинградской области. По отношению к фактору влажности и температуры изменчивая коровка должна считаться ксерофильным видом. Так, например, при исследовании животного населения густого и редкого посева Ворошиловской озимой пшеницы мы писали, что величина обилия на редком и густом пятне для изменчивой коровки более или менее одинакова, хотя величина встречаемости различна и она значительно выше на редком посеве. Это уже указывает на ксерофильный характер рассматриваемого вида (Нефедов, 1950).

В работе 1953 года по животному населению поливной люцерны (Сталинградская область) нами указывалось, что повышенная роль изменчивой коровки в составе биоценоза редкой старовозрастной люцерны, в сравнении с густой, является следствием ее тепло- и светолюбивости. Наконец, на ксерофильный характер изменчивой коровки указывалось нами и в работе 1956 года, посвященной вопросу роли полива в определении относительной численности животного населения яровой пшеницы в условиях Сталинградской области.

Рассмотрим вопрос о влиянии сроков полива на динамику относительной численности изменчивой коровки в связи с фазами в развитии яровой пшеницы.

Таблица № 1.

Динамика численности изменчивой коровки

	Кущение	Выход в трубку	Колошение	Цветение	Молочная спелость: Начало	Молочная спелость: Полная	Восковая спелость	За весь вегетац. период: Численность	За весь вегетац. период: в % %
Контроль	5	19	39	60	212	249	115	699	29,4
Вегетационный полив	3	23	25	56	142	177	119	545	22,9
Зимне-вегетационный полив	1	29	43	70	127	156	127	553	23,2
Зимний полив	1	6	74	87	199	136	81	584	24,5
Итого	10	77	181	273	680	718	442	2381	100

Из приведенной таблицы ясно виден ксерофильный характер изменчивой коровки. Небольшая численность ее подает на контрольный вариант опыта без полива (29,4%). Несколько пониженная численность ее приходится на вариант с зимним поливом (24,5%), как вариант с ксерофитными особенностями, о чем нами писалось раньше (1956). Еще более пониженную численность коровка имеет на вариантах опыта с зимне-вегетационным (23,2%) и с вегетационным поливом (22,9%).

По всем вариантам опыта численность изменчивой коровки может быть выражена в виде одновершинной кривой с максимумом, приходящимся на фазу молочной спелости яровой пшеницы. Следовательно, численность этой коровки в составе биоценоза яровой пшеницы нарастает постепенно.

Учитывая ничтожно малое количество личинок коровки, делаем заключение о том, что нарастание численности жуков-коровок в составе биоценоза яровой пшеницы идет, главным образом, за счет прилета с естественных стаций. Надо отметить исключительно хорошие летные способности изменчивой коровки. В ночные часы на световой фактор на высоте пятого этажа в г. Сталинграде нам удавалось вылавливать жуков-коровок, в том числе и изменчивую коровку, в довольно больших количествах.

Полив, как фактор изменяющий микроклиматические условия опытных участков, безусловно, оказывает снижающее влияние на численность изменчивой коровки, как ксерофиль-

ного вида. Это тем более, что с увеличением степени полива численность жуков уменьшается и достигает минимума для варианта с вегетационным поливом. Однако ведущим фактором в определении численности изменчивой коровки следует считать фактор трофический—пищевой.

Фаза молочной спелости яровой пшеницы является фазой наибольшего обилия и встречаемости личинок пшеничного трипса и тлей, как основной пищи жуков-коровок и их личинок. С наступлением фазы восковой спелости численность личинок трипсов резко уменьшается (Нефедов, 1948, 1955), а в связи с этим уменьшается и численность изменчивой коровки.

Яровая пшеница не является типичной стацией размножения изменчивой коровки. Последняя если и размножается здесь, то в весьма ограниченных размерах. Посевы яровой пшеницы следует рассматривать в качестве стаций питания, что имеет очень важное значение для жуков со стороны накопления ими запасов питательных веществ в виде жирового тела. Характер же развития жирового тела, как показали исследования проф. Федотова (1947) с вредной черепашкой, играет приспособительную роль и в значительной мере определяет выживаемость жуков-коровок в местах их зимовки.

На выбор мест зимовки жуками-коровками следует смотреть как на приспособительную особенность, обеспечивающую возможность повышенной выживаемости их и, следовательно, сохранения вида. Большая устойчивость и толщина снежного покрова на опушках лесных массивов, садов и т. д. создает наиболее благоприятные условия в лесной подстилке для выживаемости жуков.

Известно, что теплопроводность снега раз в 20 ниже теплопроводности воды. Это означает, что снег обладает исключительно высокими теплоизоляционными свойствами. В самом деле, температура на поверхности почвы может достигать под снежным покровом —1,9°С, без снежного покрова —16,6°С. Таким образом, под снежным покровом в лесной подстилке создаются такие температурные условия, которые обеспечивают возможность повышенной выживаемости не только жукам-коровкам, но и большинству членистоногих животных.

2. Ктыри — Asilidae

Штакельберг (1948) в отношении ктырей пишет, что «Хищные личинки живут в земле или гнилом дереве, некоторые (Laphria) в ходах личинок-усачей, питаясь последними. Взрослые питаются различными насекомыми и попадаются по опуш-

кам лесов на стволах деревьев, по дорогам, на песчаных обнажениях и т. п. «В наших сборах оказалось несколько видов рода Leptogaster, Laphria, Asilis и других ктырей, выделяющихся по своей исключительной подвижности в сравнении с остальными членистоногими — членами биоценоза пшеничного поля.

Можно сказать, что ктыри — типичные факультативные компоненты биоценоза яровой пшеницы, т. к. в составе биоценоза любого культурного поля и естественной стации животной пищи в виде насекомых и других членистоногих всегда в изобилии, то связь ктырей, в смысле их приуроченности к какой-либо определенной стации, совершенно не обязательна. Прожорливость ктырей настолько велика, что они могут целый день есть, нападая не только на мелких, но и на таких крупных насекомых, как-то: осы, стрекозы и т. д., обладающих мощными средствами защиты.

Высокая подвижность ктырей определяет их неравномерность в распределении по стациям и по времени в развитии яровой пшеницы.

Таблица № 2.

Динамика численности ктырей

	Кущение	Выход в трубку	Колошение	Цветение	Молочная спелость		Восковая спелость	За весь вегетац. период	
					Начало	Полная		Численность	в % %
Контроль	2	8	3	3	5	1	0	22	21,2
Вегетационный полив	5	13	9	3	2	2	0	34	32,7
Зимне-вегетационный полив	4	12	3	4	2	4	0	29	27,9
Зимний полив	10	4	0	5	0	0	0	19	18,2
Итого	21	32	15	15	9	7	0	104	100

Обитаемость хищных личинок ктырей в сухих почвах позволяет рассматривать их в качестве ксерофилов. Этого нельзя сказать в отношении имагинальных стадий ктырей. Правда, высокая подвижность ктырей определяет низкую уловистость метода кошения количественным энтомологическим сачком. И

тем не менее, из приведенной таблицы можно сделать следующие заключения:

а) рассмотрение суммарных данных численности ктырей по отдельным вариантам опыта позволяет утверждать о мезофильном характере этих хищников, на что мы уже указывали в своей работе (Нефедов, 1956);

б) установить какой-либо определенной закономерности в численном распределении ктырей по отдельным вариантам опыта в связи с фазами развития яровой пшеницы не удается. Объясняется это исключительной подвижностью ктырей;

в) тем не менее, даже при ограниченных с количественной стороны сборах, наибольшая численность ктырей совпадает с фазами кущения и выхода в трубку;

г) эта приуроченность объясняется исключительно высоким обилием настоящих мух (Muscidae); так, из общей численности настоящих мух в 1887 экземпляров, собранных по всем вариантам опыта на протяжении полной вегетации яровой пшеницы, на фазу кущения и выхода в трубку приходится 95% и лишь 5% — на все остальные.

Следовательно, обилие пищи в виде настоящих мух явилось условием, обеспечившим более широкое распространение ктырей в фазу кущения и выхода в трубку яровой пшеницы.

Таким образом, полив, безусловно, является одним из факторов, способствующих более широкому распространению ктырей, однако, ведущая роль в этом принадлежит обилию пищи в виде настоящих мух. Возможно, что мезофильность ктырей не является первопричиной их распределения, что при обилии пищи в ксерофитных стациях они получат не менее широкое распространение, чем в мезофитных. Во всяком случае, о коррелятивной связи в численности ктырей и настоящих мух можно судить по сопоставлению суммарных данных (без учета фазы в развитии яровой пшеницы) для каждого варианта опыта в отдельности.

Таблица № 3.

Суммарные данные для ктырей и настоящих мух

	Контроль	Вегетац. полив	Зимне-вегетац. полив	Зимний полив
Настоящие мухи	241	841	600	205
Ктыри	22	34	29	19
Соотношение между ктырями и мухами	1 : 11	1 : 25	1 : 21	1 : 11

Практически эти соотношения численности настоящих мух, приходящихся на одного ктыря, следует по крайней мере удвоить, т. к. 1792 мухи (95% от общего числа их), падающие на фазу кущения и выхода в трубку яровой пшеницы, приходятся на 53 ктыря. Естественно, что чем выше в стации обилие настоящих мух, тем больше облегчаются для ктырей возможности поимки жертвы и, следовательно, создаются предпосылки к более обильному заселению таких стаций. В данном случае мы имеем перед собой пример избирательной способности ктырей в выборе стаций, в достаточной степени удовлетворяющих их прожорливость.

3. Пауки — Araneida

В нашей работе по изучению животного населения Ворошиловской озимой пшеницы (Ставропольский край) и поливной люцерны (Сталинградская область) показано, что с количественной стороны пауки занимают в культурных биоценозах довольно видное место. Являясь в своей основе хищниками, пауки, несомненно, играют большую роль в снижении численности вредных насекомых культурных полей. Заметна их роль с количественной стороны и в составе животного населения яровой пшеницы наших опытных участков. Видовой состав пауков на этот раз не определялся. Однако, по сообщению проф. Д. Е. Харитонова видовой состав пауков среди биоценозов культурных полей весьма беден и лишь в редких случаях может достигать полутора десятков видов. Общая численность пауков в 28 пробах по всем вариантам опыта и на протяжении полной вегетации яровой пшеницы определилась в 2471 экземпляр.

Таблица № 4.

Динамика численности пауков

	Кущение	Выход в трубку	Колошение	Цветение	Молочная спелость: Начало	Молочная спелость: Полная	Восковая спелость	За весь вегетац. период: Численность	За весь вегетац. период: в % %
Контроль	7	9	121	92	186	251	83	749	30,3
Вегетационный полив	2	20	18	81	200	100	71	492	19,9
Зимне-вегетационный полив	5	18	47	101	202	149	87	609	24,7
Зимний полив	5	20	86	86	231	91	102	621	25,1
Итого	19	67	272	360	819	591	343	2471	100

Иванова (1950) указывает, что паук Xysticus cristatus Cl, занимающий видное место в составе биоценоза пшеничного поля, за день уничтожает четырех мух и одну цикадку в условиях лабораторной обстановки. Несомненно, что его прожорливость в условиях естественной обстановки значительно выше. Наблюдениями Рябишникова и Миронова (Нефедов, 1945) установлено, что «личинки пшеничного трипса в больших количествах уничтожаются личинками и взрослыми жуками, коровками и разными видами пауков». Большая подвижность пауков и их быстрый рост (за несколько летних месяцев из маленького паучка вырастает крупный паук) определяют их исключительную прожорливость.

Из приведенной выше таблицы можно сделать следующие заключения:

а) постепенное нарастание численности пауков по всем вариантам опыта за весь вегетационный период яровой пшеницы указывает на их переход сюда с мест зимовки и с естественных стаций. Об этом же говорит и снижение численности пауков к концу созревания хлебных злаков;

б) пауки относятся к группе ксерофилов, т. к. их численность на опытных делянках с поливом значительно ниже в сравнении с контролем;

в) по всем вариантам опыта наибольшая численность пауков совпадает с фазой молочной спелости, на что мы указывали еще раньше (Нефедов, 1950); данные по вариантам опыта подтверждают заключение о ксерофильном характере пауков;

г) однако ведущим фактором в определении максимальной численности пауков является трофический; высокое обилие личинок пшеничного трипса, тлей, цикадок в фазу молочной спелости создает богатую пищевую базу для широкого распространения пауков;

д) пониженная численность пауков в фазу молочной спелости на варианте с зимним поливом в сравнении с контролем является следствием ксерофитных особенностей первого.

Анализ приведенных материалов в отношении динамики численности некоторых хищных членистоногих по вариантам опыта позволяет сделать следующие выводы:

1. Полив, через изменение микроклиматических условий стаций, оказывает стимулирующее действие на возрастание численности мезофильных хищников (ктыри) и ограничивающее — на численность ксерофильных хищников (коровки, пауки).

2. Ведущим фактором в определении численности хищных членистоногих является трофический.

3. Максимальное обилие ктырей по всем вариантам опыта совпадает с фазой кущения и выхода в трубку яровой пшеницы; этим же фазам соответствует и максимальное обилие настоящих мух — основной пищи для ктырей.

4. Максимальное обилие жуков-коровок и пауков по всем вариантам опыта совпадает с фазой молочной спелости яровой пшеницы; этой же фазе соответствует и максимальная численность личинок пшеничного трипса, тлей и других мелких насекомых — пищевой базы для коровок и пауков.

5. Комплектование группы хищных членистоногих в составе биоценоза яровой пшеницы (по всем вариантам опыта) идет за счет иммигрантов из естественных стаций.

6. Если в определении численности вредных насекомых биоценоза яровой пшеницы (по всем вариантам опыта) ведущая роль принадлежит микроклиматическим факторам, то для хищных членистоногих ведущим фактором является трофический.

7. Хищные членистоногие в пределах культурного биоценоза должны рассматриваться в качестве естественного биологического фактора, ограничивающего численность вредных насекомых и в какой-то мере снижающего отрицательное экономическое значение последних.

8. Заселение яровой пшеницы (по всем вариантам опыта) хищными членистоногими связано с избирательной способностью их, как с особенностью исторически сложившейся, наследственно закрепленной и проявляющейся при определенных условиях внешней среды и определенного внутреннего состояния организма (чувство голода, жажды и т. д.).

ЛИТЕРАТУРА

1. Беклемишев В. Н. О классификации биоценологических (симфизиологических) связей. Бюллетень Московского об-ва испытателей природы. Отдел биологии, т. IV (5й). 1951.

2. Дядечко Н. П. Кокцинеллиды Украинской ССР. Изд. Академии наук УССР. Киев. 1954.

3. Иванова А. И. К изучению биоценоза пшеничного поля Мелянопус-69 в условиях Заволжья. Учен. записки Сталинградского ГПИ, вып. 2. 1950.

4. Мельниченко А. Н. Полезащитные полосы и размножение животных, полезных и вредных для сельского хозяйства. Изд. Московского Об-ва испытателей природы. 1949.

5. Нефедов Н. И. Животное население поливной люцерны первого и четвертого года жизни в условиях колхоза «Новая жизнь», Краснослободского района, Сталинградской области. Учен. записки Сталинградского ГПИ, вып. 3. 1953.

6. Нефедов Н. И. Биоценоз Ворошиловской озимой пшеницы и возможность направленного изменения его. Там же, вып. 2. 1950.

7. Нефедов Н. И., Влияние сроков полива на относительную численность главнейших элементов животного населения биоценоза яровой пшеницы. Ученые записки Ульяновского ГПИ, вып. IX. 1956.

8. Нефедов Н. И. К вопросу о внутривидовых взаимоотношениях. Тезисы докладов. Сталинградский ГПИ. 1955.

9. Плавильщиков Н. Н. Насекомые — защитники урожая. Госкультпросветиздат. Москва. 1948.

10. Федотов Д. М. Состояние вредной черепашки в период депрессии численности. Изд. Академии наук СССР. «Вредная черепашка», т. I. 1947.

11. Щеголев В. Н. (ред.). Сельскохозяйственная энтомология. Огиз. Москва—Ленинград. 1941.

УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ УЛЬЯНОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ПЕДАГОГИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА имени И. Н. УЛЬЯНОВА
Том II, вып. 1, 1958 г.

Н. Н. БЛАГОВЕЩЕНСКАЯ

ОБ ОТВЛЕКАЕМОСТИ ОПЫЛИТЕЛЕЙ ЛЮЦЕРНЫ НА ДИКОРАСТУЩИЕ МЕДОНОСЫ

Интересно отметить одну особенность медоносных пчел и диких пчел, в отношении характера их работы на цветках.

Ч. Дарвин, касаясь вопроса об опылении растений, в частности, о посещении цветков насекомыми, пишет:

«То, что насекомые посещают цветки одного и того же вида так долго, как только они могут, весьма важно для растения, так как это способствует перекрестному опылению отдельных особей одного и того же вида; но никто не станет предполагать, что насекомые поступают таким образом для пользы растения. Причина этого лежит, вероятно, в том, что насекомые получают этим путем возможность работать быстрее; они точно научились тому, как располагаться в наилучшем положении в цветке, как далеко и в каком направлении вводить свои хоботки».

Далее Дарвин делает такого рода примечание, что после того, как им были написаны эти слова, он обнаружил, что Г. Мюллер (1876) пришел почти к тому же самому заключению.

Затем Дарвин отмечает: «Они действуют по тому же самому принципу, как ремесленник, который должен построить полдюжины машин и который экономит время, последовательно изготовляя каждое колесо и каждую часть сразу для них всех. Насекомые, или, по крайней мере, пчелы, повидимому, при всех разнообразных работах находятся под большим влиянием привычки».

Приведенные выдержки свидетельствуют о том, что все насекомые-опылители работают на цветках одного и того же вида растений так долго, как только они могут.

Но далее Дарвин указывает, что «однако не наблюдается, чтобы насекомые неизменно следовали этой привычке». И приводит как примеры исключения из общего правила посещение пчелами и шмелями последовательно двух разновидностей

живокости, первоцвета и мака, сильно отличающихся по окраске. Кроме того, он приводит и наблюдения Мюллера, который подметил, что медоносные пчелы перелетали с цветка на цветок, от Ranunculus bulbosus к Ranunculus arvensis, от Trifolium fragiferum к Trifolium repens и даже от синих гиацинтов к синим фиалкам.

О том, что медоносные пчелы иногда посещают за один вылет растения, принадлежащие к разным видам, имеются указания Андреева В. Н. (1926), Аренса Л. С. (1926), Андронова Ф. В. (1927). Андреев в своей работе по этому поводу пишет, что подобные факты наблюдались также Скориковым А. (1894) и Михайловым А. (1924).

При изучении работы различных видов пчел на люцерне в Ульяновской области в 1952 и 1953 гг. (в колхозе «Ленинец», Ульяновского района, и в колхозе «40 лет Октября», Сурского района), нами были замечены подобные же факты. Очень часто опылители люцерны — дикие одиночные пчелы Melitturga и Melitta переключались с цветков люцерны на посещение других растений, а именно: донника, живокости, икотника, клевера, мышиного горошка, льнянки, а потом опять возвращались на люцерну. Причем это быстрое переключение с одного растения на другое, потом на третье и опять на первое происходило за очень короткий отрезок времени, в течение которого пчела совершает свой очередной вылет за сбором провизии для своего потомства.

Рассмотрим это переключение в отдельности для каждой пчелы.

Отвлекаемость на дикие растения при посещении цветков люцерны установлена, во-первых, для пчел рода мелиттурга. При характеристике отвлекаемости приведем выписки из полевого журнала.

1. Мелиттурга с большой обножкой была замечена на желтой люцерне. За время наблюдения вскрыла 13 цветков люцерны и перелетела на клевер горный.

2. Мелиттурга уже с большой обножкой была замечена при посещении цветков эспарцета. Потом перелетела на желтую люцерну, где посетила 3 цветка и вновь перелетела на эспарцет. На эспарцете побывала на 5 цветках, затем вернулась на люцерну и, посетив несколько ее цветков, улетела.

3. Мелиттурга в течение 1 мин. 37 сек. работала на люцерне и за это время один раз отвлекалась на донник, на кото-

ром работала 15 сек. В общей сложности за 1 мин. 37 сек. посетила 20 цветков люцерны и донника.

4. Мелиттурга в течение 2 мин. 55 сек. чередовала посещение цветков люцерны и донника таким образом: пчела посетила 28 цветков люцерны, потратив 1 мин. 15 сек., потом работала на доннике 40 сек. и вновь вернулась на люцерну, где работала еще минуту.

5. Мелиттурга была замечена на цветках люцерны. Пчела была без обножки. Наблюдения за ней велись в течение 35 мин. и было замечено следующее. Пчела посетила 120 цветков люцерны, потом отдыхала в течение нескольких секунд и затем посетила еще 208 цветков люцерны. Затем пчела подлетела к более засоренному участку поля и, приблизившись к сорнякам, сразу же переключилась на живокость, где посетила 12 цветков и вернулась на люцерну. Но на люцерне работала мало — только посетила 10 цветков и перелетела на донник белый, побывав на трех цветках его, вновь стала посещать люцерну и после опыления 9-ти цветков 5—8 секунд отдыхала. Замечено, что во время отдыха быстро потирала лапками вытянутый хоботок, а потом лапками касалась обножки. Видимо таким образом пчела смачивает обножку нектаром. После отдыха мелиттурга посетила 44 цветка люцерны и потом 8 цветков живокости, затем еще побывала на 9 цветках люцерны и улетела с большой обножкой. В этом случае нам удалось проследить всю работу мелиттурги за один вылет от начала до конца и установить, что за 35 мин. она посетила 405 цветков.

6. Мелиттурга посетила 54 цветка за 3 мин. 50 сек. За это время она два раза оставляла цветки люцерны и переключалась на донник белый, на котором посещала 2—3 цветка не больше за каждый раз.

В 1953 г. на люцерне в колхозе «40 лет Октября» наблюдались следующие факты:

3/VII. В этот день, как и вообще в дни с переменной облачностью, работают самцы мелиттурги, самок не замечено. Наблюдение велось за самцом мелиттурги. Он был замечен на мышином горошке. Посетил 24 цветка мышиного горошка и сел отдыхать на нерасцветший цветок, где отдыхал 25 сек. Во время отдыха потирал одна о другую передние ножки, чистил глаза, делал вращательные движения брюшком. Отдохнув, перелетел на люцерну и следующие по счету 25-й и 26-й цветки посетил на люцерне, 27-й и 28-й цветки — на мышином горошке и 29-й цветок — опять на люцерне. С 30-го по 48-й цветок посещал мышиный горошек, с 48-го до 53-го цветка посещал

люцерну, с 53-го до 76-го цветка — мышиный горошек, с 76-го до 88-го цветка — люцерну, а затем сел отдыхать. До момента отдыха на посещение 88 цветков он затратил 8 мин. 20 сек. Отдыхал на головке люцерны долго — 3 мин. 15 сек., потом перелетел на другую головку люцерны, но работать не стал, а сел опять отдыхать. Такой длительный отдых самца был вызван закатом солнца за тучу; сразу стало прохладно. Отдыхал он долго, так что пришлось прекратить наблюдение за ним на 21 минуте.

9/VII. Замечено, как мелиттурга-самка работала на мышином горошке, потом переключилась на клевер красный и затем на люцерну.

21/VII. Замечено, что мелиттурга посещала клевер и люцерну поочередно. Работала она так:

Посетила:

19 цветков клевера,
20—21—22-й цветки люцерны,
23-й цветок клевера,
24—30-й цветки люцерны,
30—32-й цветки клевера,
33—44-й цветки люцерны.

Всего на посещение 44 цветков затратила 1 мин. 55 сек.

20/VII. Мелиттурга-самка посетила 7 цветков люцерны, 5 цветков клевера, 38 цветков люцерны. Посещая последние 38 цветков люцерны, пчела часто пролетала над головками клевера, но не отвлекалась на клевер.

25/VII. Мелиттурга-самка была замечена при посещении клевера, а затем посетила:

3 цветка люцерны,
4 цветка клевера,
9 цветков люцерны,
10 цветков клевера,
10 цветков люцерны,
7 цветков клевера,
8 цветков люцерны,
4 цветка клевера,
6 цветков люцерны,
7 цветков клевера,
4 цветка люцерны.

После окончания цветения люцерны пчелы-мелиттурги стали посещать клевер, донник и осот розовый.

Таким образом, из приведенных наблюдений видно, что диким пчелам рода мелиттурга как самцам, так и самкам не свойственна строгая приуроченность к какому-либо одному виду растений, хотя бы на короткое время.

Остановимся теперь на отвлекаемости другой дикой пчелы — мелитты.

В 1952 г. в колхозе «Ленинец» произведены следующие наблюдения:

Мелитта посещала люцерну, потом перелетела на вьюнок полевой.

Мелитта посещала цветки люцерны, потом перелетела на цветки донника.

Мелитта за 3 мин. посетила 28 цветков поочередно люцерны и льнянки:

3 цветка люцерны,
5 цветков льнянки,
7 цветков люцерны,
7 цветков льнянки,
1 цветок люцерны,
2 цветка льнянки,
3 цветка люцерны.

Мелитта посетила за 3 мин. 45 цветков люцерны и один цветок льнянки.

Мелитта посещала люцерну, потом перелетела на икотник, где посетила 3 кисти, и опять перелетела на люцерну.

Неоднократно замечено, что мелитта, работая на люцерне, время от времени садится на цветки икотника, на которых задерживается немного и опять летит на люцерну. Кроме того, было замечено, что мелитта с люцерны перелетела на живокость, взяла нектар с двух его цветков и опять перелетела на люцерну.

В 1953 г. на люцерне колхоза «40 лет Октября» наблюдались следующие факты:

3/VII. Мелитта работала на люцерне, была уже с обножкой, потом переключилась на живокость и посетила 7 его цветков. Затем посетила два цветка люцерны и вновь пять цветков живокости, после чего она побывала еще на пяти цветках люцерны.

13/VII. Самка мелитты посетила 31 цветок за 3 минуты, работая следующим образом:

1—12-й цветки люцерны,
13—17-й цветки мышиного горошка,
18—24-й цветки люцерны,
25—27-й цветки красного клевера,
28—31-й цветки люцерны.

Другая самка мелитты посетила 28 цветков за 1 мин. 35 сек. и работала так:

1—8-й цветки красного клевера,
9—11-й цветки люцерны,
12—22-й цветки красного клевера,
23—28-й цветки люцерны.

21/VII. Самка мелитты посетила три цветка клевера, три цветка люцерны, 6 цветков клевера и улетела.

22/VII. Мелитта работала на клевере, потом перелетела на цветки люцерны.

Таким образом, мелитты за один вылет посещают различные растения. У них нет какого-либо длительного постоянства в опылении растений.

Остановимся еще на отвлекаемости некоторых других диких пчел, играющих меньшую роль в опылении люцерны.

26/VI-53 г. Самка евцеры (Eucera) посетила 200 цветков, 173 цветка из них за 20 мин. 44 сек. Посещаемость цветков такая:

15 цветков люцерны,
16 и 17-й цветки мышиного горошка,
18—70-й цветки люцерны,
70—77-й цветки мышиного горошка,
77—80-й цветки люцерны,
80—88-й цветки мышиного горошка.

Потом пчела отдыхала 15 секунд (откинувшись и потирая ножками голову), затем опять посетила:

89—105-й цветки люцерны,
106—121-й цветки мышиного горошка,
122—123-й цветки люцерны,
124—130-й цветки мышиного горошка,
131—151-й цветки люцерны,
152—156-й цветки мышиного горошка,
157—160-й цветки люцерны,
161—163-й цветки мышиного горошка,
164—165-й цветки люцерны,
166—167-й цветки мышиного горошка,
168—200-й цветки люцерны.

29/VI-53 г. Самка эвцеры посещала люцерну, затем стала посещать мышиный горошек. Эта пчела в течение 50 сек. посетила следующие цветки:

1—2-й цветки люцерны,
3-й цветок мышиного горошка,
4—5-й цветки люцерны,
6-й цветок мышиного горошка.

8/VII-53 г. Замечено, как самка эвцеры поочередно посещала цветки мышиного горошка и лядвенца.

Отвлекаемость на другие растения при посещении цветков люцерны замечена и у пчел из рода Andrena.

24/VI-53 г. Самка андрены посещала лук, а потом переключилась на цветки люцерны.

25/VI-53 г. Самка андрены в течение 1 мин. 55 сек. работала следующим образом: посетила один цветок мышиного горошка и пять цветков люцерны. Цветки люцерны все вскрывала (на последнем цветке люцерны задержалась долго, так как прищемила колонкой хоботок).

Поведение медоносных пчел в отношении отвлекаемости следует рассмотреть особо.

Наблюдая за медоносными пчелами летом 1951 и 1952 гг., мы не замечали случаев отвлекаемости их при посещении цветков люцерны на другие растения. В наблюдениях 1953 г. были отмечены случаи отвлечения медоносных пчел при посещении цветков люцерны на цветки сурепки. Даже отмечены случаи посещения медоносной пчелой за один вылет трех растений — сурепки, живокости и люцерны.

Случаи отвлекаемости медоносных пчел наблюдались в период, когда было слабое нектароотделение растений. В это время на окрестных пасеках приходилось подкармливать пчел сиропом. Возможно, что усиленные поиски нектара и заставили медоносных пчел так быстро переключаться с растения на растение в этот период.

Отвлекаемость же диких одиночных пчел (мелиттурги, мелитты, евцеры, андрены) при посещении люцерны на другие растения — постоянно наблюдающееся явление. Какова же причина этого явления?

Предположительно можно сказать, что причина отвлекаемости диких пчел с основного посещаемого ими вида на другие виды следующая. Дикие пчелы, в частности, мелитта и мелиттурга, в основном с растений берут пыльцу, нектара они берут значительно меньше, так как он им нужен только для собственного питания и для смачивания обножек при сборе пыльцы. Предположим, что посещая люцерну и беря пыльцу, пчела не находит в ее цветках достаточного количества нектара, тогда она вынуждена перелетать на растущий рядом сорняк — медонос, выделяющий больше нектара. Из наблюдений видно, что по количеству основная масса посещенных цветков приходится на люцерну и значительно меньшая — на отвлекающие медоносы. Так, например, мелиттурга за один вылет посетила 400 цветков люцерны, 12 цветков живокости и 3 цветка донника.

Но это объяснение причины отвлекаемости диких пчел от люцерны верно лишь в том случае, если люцерна мало выделяет нектара (как это наблюдалось в 1952 и 1953 гг. у люцерны, оставленной на семена). Но нами также летом 1952 и

1953 гг. наблюдались случаи отвлечения диких пчел на медоносные сорняки и от люцерны второго укоса, которая выделяла нектара несколько больше, чем люцерна первого укоса. Но, возможно, что отвлекающие медоносы выделяли в этот период нектара еще больше. На люцерне второго укоса, также как и на люцерне первого укоса, дикие пчелы в основном посещали люцерну и, отвлекаясь, посещали лишь 2—3 цветка другого медоносного растения, после чего вновь возвращались на люцерну.

Заметив отвлекаемость и на втором укосе люцерны, мы просмотрели по нескольку цветков льнянки и живокости. Наблюдения велись во второй половине дня 31/VII-52 г. (точнее, в 2 часа дня, температура 25°, влажность 34%). У цветков льнянки длина шпорцев колебалась от 8 мм до 10 мм, в зависимости от расположения их по оси соцветия (верхние цветки мельче, нижние крупнее). В шпорцах длиной 8 мм высота стояния нектара была от 7 до 5 мм. Таким образом нектар был вполне доступен для пчел и диких и медоносных. Кстати сказать последних на льнянке было много. За несколькими, посещающими льнянку, медоносными пчелами было прослежено в течение нескольких минут и оказалось, что все они выискивали в посевах льнянку и посещали только ее за все время наблюдения. Причем интересно, что у посещающих льнянку медоносных пчел и шмелей спинка была испачкана пыльцой, которая слепилась в виде небольшого горбика. Такие же медоносные пчелы с яркожелтыми пыльцевыми горбиками на спинках были замечены и в ульях при осмотре рамок. Но, очевидно, эта налипшая на спинку пыльца пчелами не используется.

У цветков живокости длина шпорца равна 17 мм, высота стояния нектара в нем 7—10 мм. Замечено, что мелиттурга, посещая цветки живокости, почти вся залезала в цветок, стремясь достать нектар из глубины шпорца (следует заметить, что у живокости и льнянки высота стояния нектара хорошо видна при рассматривании шпорца на свет). Нектар из шпорцев пробовался на вкус и оказался очень сладким.

Очевидно, и будет правильно предположить, что, собирающие с люцерны пыльцу дикие пчелы отвлекаются от нее ради нектара, обильно выделяемого сорняками медоносами.

Замечены и факты, когда пчелы поровну распределяют свое внимание между люцерной и каким-либо медоносным сорняком на посевах люцерны. Например, это наблюдалось 31/VII-52 г.

Мелитта посетила:	цветков люцерны	цветков льнянки
	3	5
	7	7
	1	2
	3	

В общей сложности выходит, что ею посещены 14 цветков люцерны и 14 цветков льнянки.

25/VII-53 г. наблюдалась такая же картина при посещении цветков мелиттургой:

цветков люцерны	цветков клевера красного
3	4
9	10
10	7
3	4
6	7

В общей сложности мелиттурга посетила 32 цветка клевера красного и 35 цветков люцерны.

Таким образом, отвлекаемость пчел при посещении цветков люцерны носит двоякий характер. В одних случаях отвлекаемость незначительная — когда в основной массе посещаются цветки люцерны и немногие цветки других растений. В других случаях наблюдается очень значительная отвлекаемость (на 50%) от цветков люцерны на цветки других растений.

Следовательно, пчелиные опылители люцерны, посещая в течение одного вылета то те, то другие растения, становятся переносчиками сложной смеси пыльцы, принадлежащей к растениям не только разных видов, но и разных родов и даже разных семейств.

Этот факт благоприятен для растений, в частности, для люцерны, в том отношении, что на рыльце наносится смесь пыльцы, обеспечивающая, с одной стороны, избирательность оплодотворения, а, с другой стороны, смесь пыльцы, как указывает, например И. Н. Голубинский (1945), стимулирует прорастание пыльцевых зерен. Впервые о благотворной роли смеси пыльцы и о стимулирующей роли собственной пыльцы было указано И. В. Мичуриным (1936).

ЛИТЕРАТУРА

1. Андреев В. Н., «Пыльца растений, собираемая пчелами. (К методике изучения перги)». Харьков. 1926.

2. Андронов Ф. В., «Посещают ли пчелы при полете из улья не один вид растений, а несколько». Пчеловодное дело, № 6. 1927.

3. Аренс Л. Е., «О закономерностях посещения пчелами медоносных растений». Пчеловодное дело, № 6. 1926.

4. Голубинский И. Н., «К познанию физиологии прорастания пыльцы». Докл. АН СССР, т. 48, № 1. 1945.

5. Дарвин Ч., «Перекрестное опыление и самоопыление растений». Соч., т. 6, М.—Л. 1950.

6. Мичурин И. В., «Принципы и методы работы». 1936.

УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ УЛЬЯНОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ПЕДАГОГИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА имени И. Н. УЛЬЯНОВА
Том II, вып. 1. 1958 г.

Н. П. СИНЯГИНА

КРОВОСОСУЩИЙ КОМАР AEDES (OCHLEROTATUS) SUBDIVERSUS MARTINI В ОКРЕСТНОСТЯХ г. УЛЬЯНОВСКА

При обследовании водоемов окрестностей г. Ульяновска, с целью выяснения видового состава кровососущих комаров, а также их биологии, мы натолкнулись на несколько интересных экземпляров. Они были найдены в одном из водоемов Заволжья, в районе озера Карасево 8 мая 1953 года. Это были две крупные личинки кровососущих комаров, превосходящие по размерам всех, находимых нами ранее. Из одной личинки в лабораторных условиях был приготовлен тотальный препарат, другая очень быстро слиняла на куколку (следовательно, личинка принадлежала к IV возрасту). Из нее выведена имагинальная форма (самка).

При определении личинки по тотальному препарату мы встретились с большими затруднениями. Несомненно, эта личинка принадлежала к роду аэдес, но по совокупности признаков, характерных для нее, она не подходила под определение ни к одному из видов этого рода, которые указываются в определителе личинок кровососущих комаров профессора А. С. Мончадского. Наиболее близкими оказались виды: Aedes (O) rusticus, Aedes (O) refici, Aedes (O) lepidonotus. У представителей этих видов, как и у нашей личинки, на сифональной трубке, кроме предвершинных щетинок, имеется несколько пар хорошо развитых грубых волосков, а на боковых поверхностях сифона — по боковому волоску. **У всех других видов рода аэдес эти волоски отсутствуют.**

Что касается волосков головы, зубцов гребня сифона, чешуек щетки и т. д., то в их расположении, строении и количестве имелись большие расхождения с таковыми у нашего экземпляра.

Всего ближе личинка подходила по описанию к Aedes (O) rusticus, более подходящего по признакам вида в определителе не было. На консультации в зоологическом институте у профессоров А. А. Штакельберга и А. С. Мончадского в том же

1953 году выяснилось, что найденная нами личинка принадлежит к виду Aedes (Ochlerotatus) subdiversus Martini.

До 1953 года самки и личинки этого вида не были известны. В 1953 году единственная личинка Aedes (O) subdiversus была доставлена в зоологический институт профессору А. С. Мончадскому. Недостаточное описание вида Ae (O) subdiversus в литературе (Штакельберг, Кровососущие комары Палеарктики) заставило нас заняться им более внимательно для уточнения некоторых определительных признаков по личиночной стадии.

Весной и летом 1954—1956 годов снова тщательно были обследованы все водоемы окрестностей г. Ульяновска, однако личинки этого малоизвестного вида были найдены, как и в 1953 году, только в одном из водоемов Заволжья.

В 1955—1956 годах вообще ни одного экземпляра этого вида не было найдено. Данное обстоятельство объясняется тем, что в Заволжье начались строительные работы, водоемы, где мы находили личинок Ae (O) subdiversus, до одной трети были засыпаны песком, вода в них сильно загрязнилась, а от растительности почти ничего не осталось.

Первое обнаружение личинок в 1953 году относится к 8 мая, в 1954 году — к 21 апреля. К концу мая происходило уже полное окукливание и вылет имаго. Однако в имагинальной фазе комары этого вида в природе нами не обнаружены.

Самцы и самки выведены в небольшом количестве в лабораторных условиях. Мы решили не касаться в данном сообщении имагинальных форм, сосредоточив все внимание на личиночной стадии.

Описание водоемов, в которых найдены личинки интересующего нас вида. Находятся они в Заволжье (на левом берегу Волги), в районе озера Карасево. Ближайшие строения удалены на 700—800 метров от водоемов. Железнодорожное полотно — в 200 метрах от них. Местность открытая.

Два рядом расположенные озера отделены друг от друга небольшим земляным валом в 1,5 м. шириной. По нему проходит пешеходная и проезжая дорога.

Озера не проточные, овально-вытянутой формы, берега пологие, топкие, в некоторых местах — сухие. Вода свежая, прозрачная.

Площадь каждого водоема не превышает 400 квадратных метров, глубина береговой полосы — 0,3—0,5 метра, на середине — до 1 метра. Площадь и глубина непостоянны: к сере-

дине лета озера почти полностью пересыхают. Так в 1954 году они почти полностью высохли уже к 5 июня. Грунт илистый.

Животный и растительный мир в обоих водоемах почти одинаков.



Фотография водоемов, в которых найдены личинки Aedes (O) subdiversus.

Животный мир чрезвычайно разнообразен: из ресничных червей здесь можно найти черную планарию, из моллюсков — катушку, аплексу, из паукообразных — серебрянку и водяного клещика, из водяных клопов — водомерок. Встречаются личинки и имаго жуков, головастики.

Особенно широко представлен класс ракообразных: циклоп, дафния, диаптомус, бранхипус, щитень и др.

Растительный мир менее разнообразен, хотя и имеет местообилие растительности. Деревья и кустарники полностью отсутствуют. Много элодеи, ряски, осоки. Встречаются рдест, водяной лютик, сфагновый мох, вероника водяная.

В конце апреля—начале мая в озерах начинается быстрое отрождение личинок аэдес из зимующих яиц при средней тем-

пературе воды +10°. Личиночное обилие равно в среднем 8 личинкам на пробу.

Ae (O) subdiversus составляет из этого количества лишь небольшой процент. По сравнению с личинками других видов рода аэдес, находящимися в тех же водоемах, личинки рассматриваемого нами вида находятся в незначительном количестве.

Ему сопутствуют пять видов того же рода аэдес из того же подрода Ochlerotatus. Все они (за исключением Ae (O) subdiversus) имеют очень много общего в строении и образе жизни, все они довольно крупные по размерам.

Особенно часто мы встречали рассматриваемый нами вид рода аэдес совместно с Aedes (O) cyprius. Оба вида предпочитают места с более низкой температурой воды в водоеме.

Согласно Устинову (1941), чем холоднее вода в биотопах, тем крупнее личинки, а затем и имаго. Наши наблюдения это также подтверждают: по сравнению с другими водоемами, расположенными поблизости, рассматриваемые нами оказались с самой низкой температурой воды. Кроме того, личинки держатся преимущественно в более глубоких местах водоема, где температура на несколько градусов ниже таковой у берегов. По размерам найденные здесь личинки значительно превосходят личинок некоторых других видов, например, Aedes (O) caspius dorsalis, предпочитающих мелководные, хорошо прогреваемые водоемы.

Характерным для личинок Aedes (O) subdiversus является их большая чувствительность к недостатку кислорода и смене условий. С большим трудом удавалось их доставлять живыми в лабораторию, а в лабораторных условиях они, как правило, больше суток не выживали, тогда как личинки других видов рода аэдес прекрасно чувствовали себя в пол-литровых банках в течение пяти и более дней.

Нами просмотрено в лабораторных условиях около 30 личинок комаров вида Aedes (O) subdiversus. Сделано несколько тотальных препаратов. Правда, по внешнему виду они не совсем важные, однако детали строения личинки вполне возможно рассмотреть с достаточной ясностью.

На основании тщательного изучения строения личинок под микроскопом были установлены следующие характерные отличительные признаки личинок Aedes (O) subdiversus, преимущественно, по сравнению с наиболее близкими к ним личинками вида Aedes (O) rusticus.

Личинки VI стадии достигают крупного размера, имеют светло-коричневую окраску.

Голова в ширину менее, чем в 1,5 раза превышает длину. Наибольшая ширина ее не позади глаз, а несколько более кпереди. Усики в половину длины головы, слегка изогнутые, с шипиками. Пучок расположен почти у середины, состоит из 1 — 2 ветвей. Наружные лобные волоски состоят из 5—6 ветвей. Средние и внутренние волоски — из 2 — 3 ветвей.

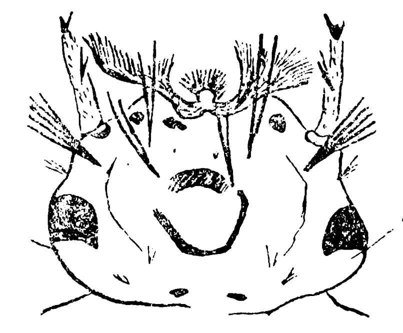


Рис. 1.
Голова личинки Aedes (O) subdiversus.

Брюшко. Щетка состоит из 12—17 чешуек, расположенных в два ряда неправильной формы пятном. Каждая из чешуек несет длинный острый главный шип на широком основании. Длина шипа достигает 3 микрон. Некоторые из чешуек несут по бокам дополнительные шипики, не достигающие и одной четверти длины главного шипа. Некоторые чешуйки дополнительных шипиков не имеют (см. рисунок 2).



Рис. 2.

Сифон в длину в 2,5—3 раза превышает ширину у основания. Гребень занимает базальную треть сифона. От основания сифона до пучка располагается 16—18 зубчиков. Величина их постепенно убывает от пучка к основанию. Нескольке последних — зачаточны. Каждый из зубцов гребня, располо-

женных до пучка, несет по два базально расставленных зубчика. Некоторые имеют только один зубчик (см. рисунок 2).

За сифональный пучок гребня заходят 4—5 более длинных, широко расставленных шипов. Пучок помещается около дистальных зубцов гребня, состоит из 1—2 простых, не перистых ветвей, в длину не достигающих и половины длины сифона.

Кроме этого пучка, который обычен для всех личинок рода аэдес, на передней поверхности сифональной трубки располагаются 4—5 пар длинных неветвящихся волосков.

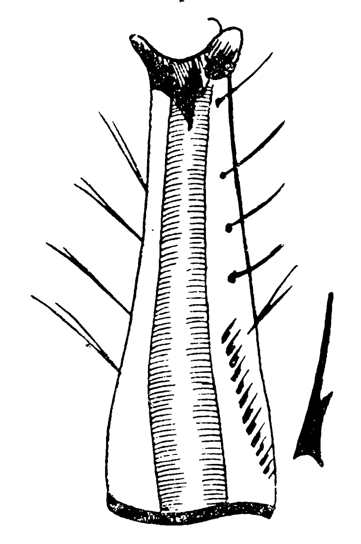


Рис. 3.
Сифональная трубка личинки Aedes (O) subdiversus.

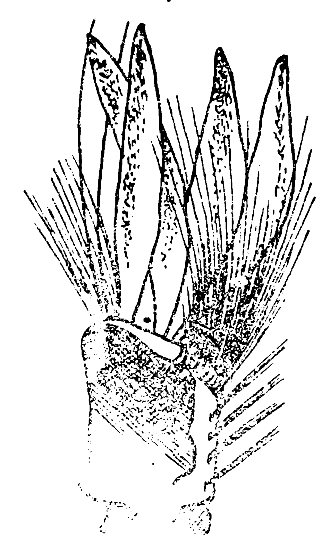


Рис. 4.
Строение плавника личинки Aedes (O) subdiversus.

Особенности строения плавника. Он сильно развит. Состоит из 12—16 пучков в общем основании и четырех более коротких, лежащих впереди него. В отличие от Ae (O) rusticus имеющего очень короткие жабры, у Ae (O) subdiversus, жабры почти вдвое длиннее седла, лентовидной формы.

Приводим рисунок, иллюстрирующий относительную длину жабр личинок рассматриваемого нами вида, и некоторые детали строения плавника (рисунок 4).

Таким образом, отмеченные нами характерные отличительные признаки в строении Aedes (O) subdiversus, должны помочь при определении личинок данного вида.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. С. Мончадский, Определитель личинок кровососущих комаров. 1951.

2. А. А. Штакельберг, Кровососущие комары Палеарктики. 1937.

3. В. Н. Беклемишев, Экология малярийного комара. 1944.

Фотография водоемов, в которых найдены личинки Aedes (O) subdiversus.

УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ УЛЬЯНОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ПЕДАГОГИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА имени И. Н. УЛЬЯНОВА
Том II, вып. 1. 1958 г.

ГАЙНИЕВ С. С.

РАЗМНОЖЕНИЕ И РОСТ МОЛОДИ НЕКОТОРЫХ ПРОМЫСЛОВЫХ РЫБ В ПЕРВЫЙ ГОД СУЩЕСТВОВАНИЯ КУЙБЫШЕВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Наполнение Куйбышевского водохранилища началось в декабре 1955 года. В течение зимы 1955/56 г. уровень его поддерживался на высоте 5—6 метров выше средне-меженной отметки. Вторичное наполнение началось весной и продолжалось до осени 1956 года. Общая картина повышения уровня воды в водохранилище приводится в графике 1.

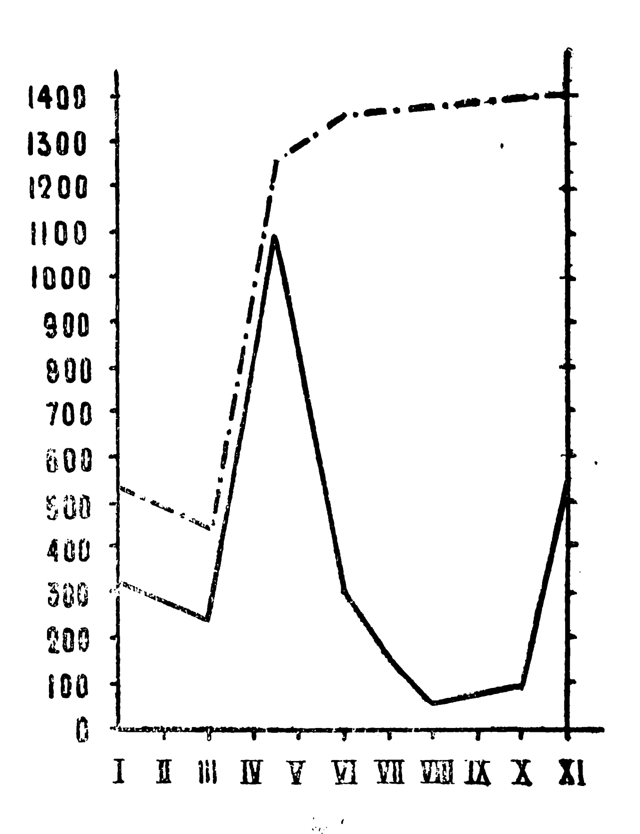
Для сравнения в этом же графике приводятся данные о колебании уровня воды реки Волги на створе города Ульяновска за 1955 год. В результате образования водохранилища произошло поднятие уровня воды в таких мелких речках как Майна, Красная, Урень, Большой Черемшан. Река Волга в районе Ульяновска по гидрологическому режиму напоминает большой пруд. Вода затопила широкую приволжскую пойму. Все эти изменения не могли не сказаться на биологии рыб.

Для того, чтобы выяснить, в какой степени образование водохранилища оказало влияние на биологию рыб, мы проводили наблюдения зимой 1955/56 года за кислородным режимом, весной — за размножением и летом — за ростом молоди рыб.

Пробы воды для анализа содержания кислорода брали против товарной пристани г. Ульяновска. Некоторые пробы были взяты выше города Ульяновска, в районе селений Поливны и Ундоры.

Наблюдения над размножением рыб проводили в водохранилище в 18 км. северо-восточнее Ульяновска, в районе бывшей деревни Сосновки, где подобная работа проводилась также весной 1955 года. Это давало нам возможность лучше сопоставлять результаты наблюдения до и после образования водохранилища.

График I.



Уровень воды в 1955 году
Уровень воды в 1956 году

Сборы материалов о росте молоди рыб в июне месяце проводились в районе села Ундоры, в июле — в районе нового порта Ульяновска и в районе Нижней Часовни. В августе и октябре материалы были собраны во время рейса траулера «Академик Берг» совместно с сотрудниками Татарского отделения ВНИОРХ во главе с проф. Лукиным А. В. Во время этих рейсов материалы собирались на большом расстоянии, начиная от плотины и кончая Камским Устьем — на Волге, а затем — до Рыбной Слободы на Каме. Кроме того, были совершены отдельные поездки по водохранилищу в сентябре и августе в район села Ундоры.

Данная статья является результатом обработки части материалов, собранных нами в течение 1956 года.

Весьма существенное влияние на жизнь рыб в первый год существования водохранилища оказали явления замора, возникшие во второй половине зимы 1955/56 года. Мы не склонны связывать зимние заморы этого года с образованием водохранилища. О причинах волжских заморов не раз поднимался вопрос в периодической печати. Поэтому не будем касаться этих вопросов. Приведем лишь материалы о картинах замора и его влиянии на ихтиофауну в районе города Ульяновска.

Сведения об изменениях кислородного режима водохранилища во второй половине зимы 1955/56 года приводятся в таблице 1. Анализ воды на содержание кислорода мы проводили по методике, изложенной в книге Алекина О. А. «Гидрохимия» (1952). В работе по изучению кислородного режима принимали участие студенты Ульяновского пединститута — Чевелев Б., Макашова А., Ульянова В.

Из приведенных данных в таблице 1 видно, что содержание кислорода к концу второй декады марта стало сильно уменьшаться. Критической стадии содержание кислорода достигло в начале апреля. В пробе, взятой 4 апреля близко от поверхности, содержание кислорода равнялось 1,19 мг на литр воды, у дна — только 0,62 мг. Последующее отепление воздуха вызвало сильное таяние снега и поступление вешней воды в Волгу, что несколько улучшило кислородный режим.

Таблица 1.

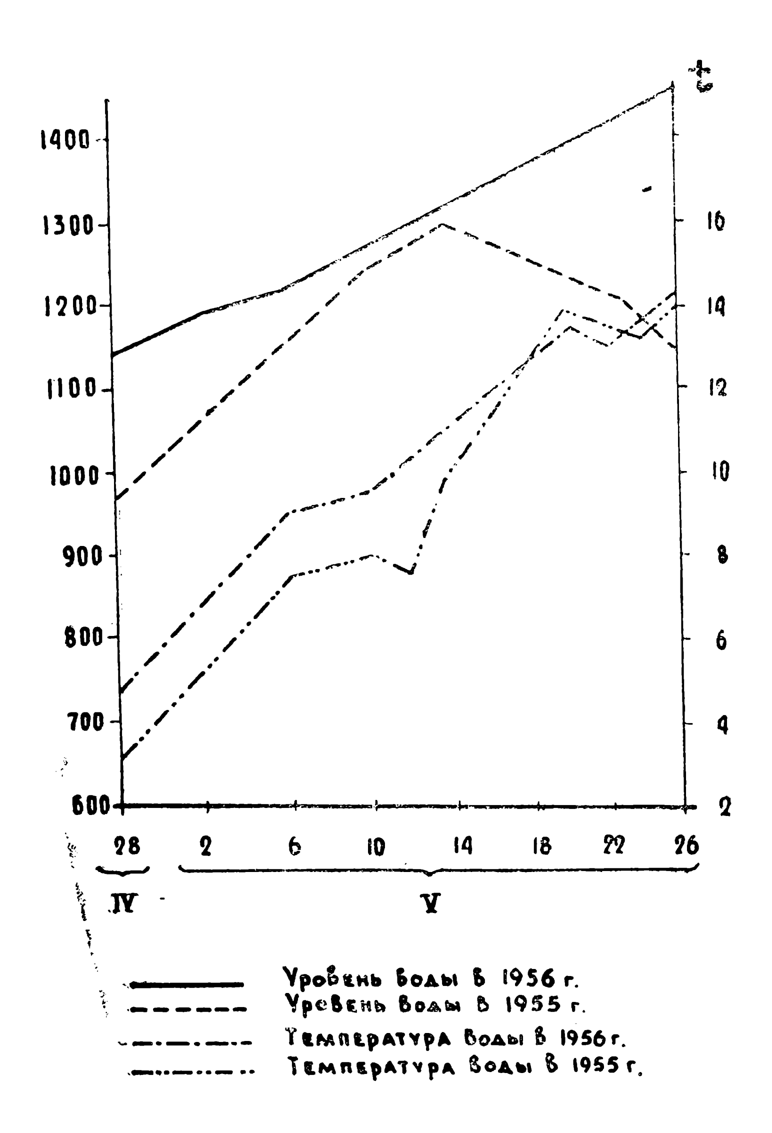
Содержание кислорода в мг на 1 литр воды

Дата взятия пробы	Место взятия пробы	Содержание кислорода в мг в 1 литре воды
16/II	У пристани г. Ульяновска	4,62
22/II	Там же	3,99
29/II	Там же	4,20
15/III	Там же	3,82
19/III	1,5 км выше Ульяновска, от берега 100 м	3,16
19/III	12 км выше Ульяновска, на середине реки	2,58
22/III	У пристани Ульяновска, около дна	2,23
23/III	Ундорская воложка, у села Ундоры	2,48
29/III	У пристани Ульяновска, у поверхности	1,93
29/III	У пристани Ульяновска, у дна	0,94
4/IV	У пристани Ульяновска, у поверхности	1,19
4/IV	Там же, у дна	0,62
19/IV	У пристани Ульяновска, в 100 м от берега	2,71
19/IV	Там же, у берега	3,07
26/IV	Там же, в русле реки	4,48
26/IV	Там же, у берега	3,44

В третьей декаде марта и в начале апреля наблюдался массовый подход стреляди, осетра и в небольшом количестве частиковых рыб к прорубям с явными признаками удушья. Этим обстоятельством воспользовались браконьеры, выставившие под лед около прорубей ставные сети, в которые попадалось значительное количество осетровых рыб. Такая картина наблюдалась от Ульяновска до Сенгилея. Единичные экземпляры уснувшей рыбы попадались в невода в Ундоровском затоне. Массовое скопление рыбы в затонах, какое наблюдалось во время заморов в 1939/1940 г., в пределах Ульяновской области не было отмечено. Частичная гибель, особенно осетровых рыб, несомненно была.

Несмотря на неблагоприятные зимние условия, размножение рыб весной протекало нормально. Следует подчеркнуть, что основные экологические условия нереста рыб весной 1956 г. мало чем отличались от предыдущих лет. Это видно из графика 2.

График 2


t
1400
1300
1200
1100
1000
900
800
700
600
16
14
12
10
8
6
4
2
28
2
6
10
14
18
22
26
IV
V
Уровень воды в 1956 г.
Уровень воды в 1955 г.
Температура воды в 1956 г.
Температура воды в 1955 г.

Уровень и температура воды в водохранилище в период размножения весенне-нерестующихся рыб были почти такими же, как и в предыдущем 1955 году. Правда, нерест рыб в 1956 году начался при уровне воды на 1100 см выше средне-меженной отметки, тогда как в 1955 году — при 990 см. Во второй декаде мая разница уровня воды составила всего лишь несколько см. К концу мая это различие увеличилось до 3,5 м. Температура воды также была несколько выше, чем в тот же период предыдущего года. Таким образом нерест щуки и язя происходил в 1956 году в первой декаде мая, при уровне воды на 1 м выше, чем в предыдущем году. Нерест синца, леща, чехони, белоглазки происходил позднее в сходных с предыдущим годом условиях.

Если такие показатели, как уровень и температура воды были сходными с таковыми до образования водохранилища, то скорость течения прежде была иной. Весной 1955 года она доходила в пойме, в районе наших наблюдений, до 60—80 см в секунду, тогда как в 1956 году — едва достигала 20—30 см.

Одним из факторов, оказывающих существенное влияние на нерест рыб, является волнение воды, вызываемое ветром. В прошлом, до расчистки ложа будущего водохранилища, пойменные леса и кустарники надежно защищали от действия ветра участки водоемов, где происходило размножение весенне-нерестующихся рыб.

Работы по очистке ложа водохранилища были закончены в основном к весне 1955 года. С этого момента в ветреную погоду в прибрежной полосе, где обычно происходит нерест многих рыб, бывает сильное волнение, поэтому рыбы вынуждены нереститься на большой глубине. Кладки икры, отложенные в прибрежной полосе, очень часто выбрасываются сильным волнением на берег, где эмбрионы погибают. Такую картину мы наблюдали как весной 1955 г., так и весной 1956 г.

Познакомимся несколько подробнее с характером размножения основных весенне-нерестующихся рыб в первый год существования Куйбышевского водохранилища. Как выше указывалось, весной 1956 года нерест щуки, язя происходил в первой декаде мая; синца, леща, плотвы, белоглазки — с 8-го по 12-е мая; густеры — с 19 по 27 мая.

Первые нерестующиеся самцы и самки щуки появились на местах размножения 28 апреля, при температуре воды 4,4°.

Массовое икрометание происходило с 3 по 7 мая. Температура воды на местах нереста к этому времени поднялась до 9°. В предыдущем 1955 году массовое икрометание произошло в этих же числах, но температура воды была тогда ниже, достигая лишь 5°.

Неподвижные, только-что выклюнувшиеся личинки щуки и язя впервые были встречены 18 мая. В этот же день было найдено большое количество кладок икры леща, синца, окуня. При осмотре под лупой были обнаружены нормально развивающиеся эмбрионы. Случаев гибели икринок, отложенных на остатках луговой растительности, не было обнаружено. 19 мая среди тальниковых зарослей, на глубине 0,5 м были встречены две активно плавающие личинки язя. Неподвижные личинки леща и синца были найдены на глубине от 4 до 6 метров. На другой день, т. е. 20 мая, нами вновь были взяты драгой пробы, остатки растительности, но при этом оказалось, что личинок указанных выше рыб осталось уже очень мало. В то же время в прибрежной полосе найдено большое количество активно плавающих личинок карповых рыб. На 21 мая на местах нереста остались лишь кладки икринок густеры, а эмбрионы других рыб — полностью выклюнулись.

На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

1. Икрометание весенне-нерестующихся рыб в Куйбышевском водохранилище в районе города Ульяновска происходило в те же сроки, что и в предыдущие годы.

2. Инкубация икры, особенно рыб, размножающихся в конце весны, происходила на большей глубине, по сравнению с периодом до образования водохранилища.

3. Гибели икры или личинок рыб не наблюдалось, что явилось причиной небывалого урожая молоди рыб в первый год существования водохранилища.

Рост сеголеток основных промысловых рыб

Ниже приводятся данные о росте сеголеток основных промысловых рыб в первый год существования Куйбышевского водохранилища.

Рост сеголеток леща. Лещ является наиболее перспективным видом рыб для промысла. Предполагается, что его доля

в уловах в Куйбышевском водохранилище будет составлять 35%.

Для характеристики роста молоди леща приводим результаты исследования 8 проб, взятых в течение всего вегетационного периода. Данные о росте сеголеток леща приводятся в таблице 2;

Таблица 2.

Рост молоди леща в Куйбышевском водохранилище

Дата взятия пробы	Место взятия пробы	Количество особей	Длина тела в см.		Вес в г.	
			Колебание	Среднее	Колебание	Среднее
3/VI-56 г.	Ундорский плес	25	1,5—2,0	1,8	0,1—0,2	0,15
11/VI-56 г.	Ундорский плес	36	1,8—2,1	2,0	0,1—0,4	0,3
19/VI-56 г.	Ундорский плес	55	2,0—2,3	2,1	0,1—0,6	0,4
29/VI-56 г.	Ундорский плес	45	2,5—3,4	3,1	0,2—1,5	0,8
15/VII-56 г.	Ундорский плес	75	2,8—4,2	3,4	0,3—2,7	1,8
30/VII-56 г.	Ульяновский порт	22	5,2—7,5	5,2	3,0—8,0	5,0
23/VIII-56 г.	Ундорский плес	202	4,1—12,7	9,0	4,0—15,0	11,3
25/VIII-56 г.	Шуранская воложка*	105	3,5—6,0	4,8	1,5—4,0	2,3
15/IX-56 г.	Ундорский плес	60	4,2—13,0	9,2	4,2—15,2	11,4

Как видно из таблицы 2, наиболее интенсивный рост молоди леща происходит в июле и августе месяце. К концу вегетационного периода размер сеголеток леща в Куйбышевском водохранилище колебался от 4,2 до 13,0 см; в среднем

* Шуранская воложка расположена на Каме, в районе Рыбной Слободы.

— 9,2 см; вес — от 4,2 до 15,2 г.; в среднем — 11,4 г. Это почти в два раза выше темпа роста сеголеток леща за тот же срок до образования водохранилища. По данным Шапомниковой Г. Х. (1948) средний размер сеголеток леща из района Новодевичья (Средняя Волга) не превышал 4,9 см. Такой относительно медленный рост сеголеток наблюдается также в Камском участке водохранилища. В пробе, взятой 25/VIII-56 г. из Шуранской воложки, расположенной недалеко от села Рыбной Слободы (р. Кама), размеры сеголеток колебались от 3,5 до 6,0 см, имея в среднем — 4,8 см, весом — 2,3 г. Такое сильное отставание роста молоди объясняется тем, что здесь влияние водохранилища очень незначительное. Кама пока имеет типично речные черты и быстрое течение. По темпу роста сеголетки леща из Куйбышевского водохранилища не уступают росту молоди из Цымлянского водохранилища. Дрягин П. А. (1954) указывает, что в Цымлянском плесе средний размер их на 29/X составил 8,1 см, в верхнем плесе, у хутора Попова — 9,5 см.

Синец. В Куйбышевском водохранилище синец является одним из наиболее перспективных видов рыб для промысла. Доля синца до образования водохранилища была незначительной, составляла в пределах Ульяновской области всего лишь 6,45%.

Уже в первый год существования Куйбышевского водохранилища молодь синца оказалась многочисленной на всем протяжении водохранилища. Излюбленными местами обитания молоди синца в водохранилище являются прибрежные участки небольших островов и мелкие заливы, защищенные от действия ветров. Во время сильных волнений синец придерживается наветренной стороны островов и заливов.

По данным Смирнова Г. М. (1956) размер однолеток синца на Средней Волге в пределах Татарской АССР в среднем равнялся 8,05 см, на Нижней Каме — 7,03 см. Наши наблюдения о темпе роста сеголеток синца в первый год существования Куйбышевского водохранилища приводятся в таблице 3:

Таблица 3.

Рост сеголеток синца в Куйбышевском водохранилище

Дата взятия пробы	Место взятия пробы	Количество особей	Длина тела в см.		Вес рыбы в г.	
			Колебание	Среднее	Колебание	Среднее
3/VI-56 г.	Ундорский плес	28	1,2—1,8	1,3	0,1—0,3	0,2
11/VI-56 г.	Ундорский плес	17	2,0—3,4	2,7	0,2—0,5	0,3
19/VI-56 г.	Ундорский плес	29	2,5—4,0	3,1	0,3—2,2	1,4
29/VI-56 г.	Ундорский плес	36	3,1—4,5	3,5	0,7—2,7	2,1
15/VII-56 г.	Ульяновский порт	56	3,5—5,0	3,9	0,9—3,0	2,5
30/VII-56 г.	Ульяновский порт	60	4,2—7,0	5,4	3,0—7,0	5,0
23/VIII-56 г.	Ундорский плес	71	8,5—11,5	10,1	12,0—15,0	14,4
25/VIII-56 г.	Шуранская воложка	35	5,5—9,5	7,4	5,5—9,5	7,8
25/IX-56 г.	Ундорский плес	56	9,0—12,5	11,5	13,0—15,5	15,0

Из таблицы видно, что всего просмотрено 9 проб, содержащих 387 экземпляров сеголеток синца. Рост их в течение всего вегетационного периода происходил более или менее равномерно. К концу вегетационного периода (25/IX) на волжском участке водохранилища размер сеголеток колебался от 9,0 до 12,5 см, в среднем — 11,5 см, при среднем весе — 15,0 г. Сеголетки из Шуранской воложки, находящейся в верхнем плесе камского участка водохранилища, в своем росте несколько отстают. Здесь средний размер их равен всего лишь 7,4 см. Это только на несколько мм больше среднего размера сеголеток из низовьев Камы до образования водохранилища. О причинах такого отставания выше уже говорилось.

Густера. По нашим наблюдениям молодь густеры в Куйбышевском водохранилище в районе Ульяновска по численности занимает первое место. Молодь густеры так же, как и синца кормилась в течение всего лета на мелководных участ-

ках водохранилища вблизи островов. В тихие ночные часы молодь густеры вместе с молодью других рыб иногда образовывали большие скопления. В начале сентября в марлевую сеть с площадью 1,5 × 1,5 м за один подъем попадалось до 2—3 кг. молоди, преимущественно густеры.

Данные о росте сеголеток густеры в первый год существования Куйбышевского водохранилища приводятся в таблице 4:

Таблица 4.

Рост молоди густеры в Куйбышевском водохранилище

Дата взятия пробы	Место взятия пробы	Количество особей	Длина тела в см.		Вес сеголеток в г.	
			Колебание	Среднее	Колебание	Среднее
19/VI 56 г.	Ундорский плес	29	0,8—1,4	1,2	—	0,1
29/VI-56 г.	Ундорский плес	22	1,0—2,0	1,4	0,1—0,3	0,2
15/VII-56 г.	Ульяновский порт	30	1,3—2,5	1,9	0,1—0,4	0,3
3/IX-56 г.	Ундорский плес	38	2,5—4,0	3,2	1,5—3,0	2,6
15/X-56 г.	Ундорский плес	25	3,0—4,5	3,6	2,5—4,0	3,5
1949 г.	Район Тетюш (Волга)	2	2,8—3,0	—	—	—

В 5 пробах, просмотренных нами, содержалось 144 экземпляра сеголеток густеры. Наиболее интенсивный рост их происходил в июле и в августе. К концу вегетационного периода размеры сеголеток густеры в среднем составляли 3,6 см, с колебаниями от 3,0 до 4,5 см; средний вес — 3,5 г. Это несколько выше роста сеголеток до образования водохранилища, но незначительно, что согласуется с указаниями Штейнфельда А. Л. (1949). По данным этого автора сеголетки густеры ...«к концу лета в обычные по гидрометеорологическому режиму годы достигают размеров — 28—30 мм».

Язь. В прошлом в Средней Волге сеголетки язя в летний период кормились около песчаных кос. В водохранилище не удалось еще установить определенных стаций обитания их. В первую половину лета молодь язя кормится вместе с маль-

ками других рыб. Только во вторую половину она начинает образовывать свои, обособленные стайки. Размер сеголеток язя в Куйбышевском водохранилище в 1956 году к концу вегетационного периода колебался от 5,8 до 12,5 см, в среднем — 8,9 см, вес — от 5,0 до 9,0 г, в среднем — 7,0 г. В 1955 году средний размер сеголеток язя, выловленных в том же районе, в среднем составлял 6,5 см, с колебаниями от 4,5 до 8,0 см, при среднем весе — 4,5 г. Следовательно сеголетки язя в водохранилище растут быстрее, чем до образования водохранилища.

Плотва. Рост сеголеток плотвы на различных участках водохранилища неодинаков. Наиболее интенсивным ростом обладают сеголетки из волжского участка, где средний размер их к концу вегетационного периода составлял 6,8 см, с колебаниями от 5,9 до 7,5 см, вес в среднем 5,1 г. Размер сеголетки из камского участка в среднем равняется 5,0 см, вес — 3,0 г. Еще более медленный рост плотвы наблюдался на Каме до образования водохранилища. Средний их размер по данным Лукина А. В. (1950) составлял 3,3 см. На Средней Волге в 1954 году в районе Ульяновска он равнялся в среднем 3,5 см, с колебаниями от 2,5 до 4,0 см.

Количество сеголеток плотвы в первый год существования водохранилища было весьма многочисленным. Излюбленными стациями обитания их являются заливы и устья небольших речек, впадающих в водохранилище. Довольно много молоди плотвы встречается среди затопленных кустарников и у берегов островов, укрытых от влияния ветра.

Окунь. К концу октября 1956 года нами были исследованы 27 экземпляров сеголеток окуня, выловленного на Ундоровском плесе. Средний размер составлял 7,7 см, вес — 6 г. Темп роста молоди окуня в водохранилище остался таким же, как и раньше на Средней Волге.

Сазан. Согласно плановым предположениям о формировании ихтиофауны Куйбышевского водохранилища и о размерах добычи рыбы, доля сазана, по данным Лукина А. В. (1952), должна составлять 15%. До образования водохранилища на Средней Волге в районе Ульяновска сазан в уловах встречался крайне редко. Сеголеток же сазана за 10 лет работы в пределах Ульяновской области мне ни разу не приходилось встречать. В настоящее время молодь сазана является весьма многочисленной. Основные стации обитания молоди этой рыбы приурочены к мелководным участкам левобережного района водохранилища. Здесь молодь сазана кормилась, начиная от вы-

плода, до 15 сентября. С наступлением холода она перекочевала на глубокие места. Средний размер сеголеток на 15 сентября составлял 14,6 см, с колебаниями от 13,0 до 16,0 см, вес — от 58,0 до 126,0 г, в среднем — 81,4 г. По темпу линейного прироста сеголетки сазана в Куйбышевском водохранилище занимают второе место после осетра, а по увеличению веса — первое место.

Однако рост молоди сазана в Куйбышевском водохранилище сильно отстает от такового в Цымлянском водохранилище. По данным Дрягина П. А. (1954), там средний размер их к концу вегетационного периода на некоторых плесах достигает до 29,0 см и веса 500 г.

Такое отставание, повидимому, объясняется меньшей продолжительностью вегетационного периода в Куйбышевском водохранилище. Возможно, что сказались и специфические условия лета 1956 года. Лето этого года было холодным. Средняя температура воздуха мая составляла — 12°, июня — 20°, июля — 16,2°, августа — 16,7°, сентября — 7,5°. Тогда как средняя многолетняя температура мая составляет — 12,9°, июня — 19,2°, июля — 19,3°, августа — 18,1°, сентября — 12,0°.

В благоприятные в климатическом отношении годы следует ожидать увеличения роста сеголеток сазана.

Сом. Для оценки роста сеголеток сома мы имеем данные, касающиеся всего лишь 11 экземпляров его. Однако молодь сома в прирусловой части водохранилища была многочисленной. Об этом свидетельствует тот факт, что в подпуска и на закидушки, выставленные в прирусловой части водохранилища, в августе и сентябре сеголетки попадались в большом количестве, препятствуя лову другой рыбы. Они попадались почти на каждом крючке. Такого факта в районе Ульяновска раньше не было известно.

Размеры сеголеток, промеренных нами, колебались от 9,1 до 11,9 см, в среднем — 11,9 см, вес — от 10,7 до 15,0 г, в среднем — 12,0 г. Данных о росте сеголеток сома до образования водохранилища мы не имеем, поэтому не можем дать оценку темпа роста их в новых условиях.

Судак. Нами просмотрено 87 экземпляров сеголеток судака, выловленных тралом на Ундоровском плесе. Размеры их колебались от 7,4 до 11,9 см, в среднем — 8,7 см, средний вес составлял — 9.0 г. В водохранилище сеголетки судака были весьма многочисленными. В середине августа наблюдалась массовая гибель сеголеток судака. Вначале предполагалось, что гибель происходит от истощения, как это имело место

в Цымлянском водохранилище (Дрягин П. А. — 1954). При вскрытии многих рыбок мы обнаружили, что они имели достаточный запас жира; пищеварительные тракты их были наполнены пищей. Впрочем в августе наблюдалась гибель не только сеголеток судака, но и взрослых рыб. На Ундоровском плесе 4/IX-56 г. был пойман сильно ослабевший судак, размером 67 см, весом 5 кг. При осмотре оказалось, что у него поражены жабры: они были сплошь покрыты густой слизью. У сеголеток наблюдалась такая же картина поражения жабр. Ослабленные рыбы у берегов получали от ударов о берег травмы, на них поселялись многочисленные паразиты, обрастая раны наподобие мха. К сожалению, нам не удалось установить, какой болезнью были поражены сеголетки судака. С понижением температуры к середине сентября их гибель прекратилась.

В заключение отметим, что первоначально количество молоди судака было обильным, но в результате гибели, к осени численность его сократилась. В целом для судака первый год существования водохранилища был неблагоприятным.

Жерех. Численность жереха и до, и после образования водохранилища — незначительна. Было просмотрено всего 38 экземпляров сеголеток жереха, со средним размером 8,9 см, с колебаниями от 5,7 до 11,6 см и со средним весом — 6,8 г. По данным Монастырского (1949) сеголетки жереха на Средней Волге достигали к концу вегетационного периода размера, равного в среднем 10,7 см. Следовательно в настоящее время сеголетки жереха в своем росте отстают, по сравнению с тем, что было до образования водохранилища.

Белоглазка. Сеголетки и все взрослые популяции белоглазки в течение лета придерживались русловой части водохранилища. Это подтверждается видовым составом уловов сетями, выставленными на различных участках водохранилища. Последний раз за 1956 год сеголетки белоглазки были выловлены 18/X. Всего мы имели в своем распоряжении от этого улова 23 экземпляра, размером от 4,8 до 8,6 см, в среднем — 5,7 см, со средним весом — 6,0 г.

Материалов о росте сеголеток белоглазки в прошлом мы не имели, но повидимому рост молоди ее остался таким же, как это было до образования водохранилища.

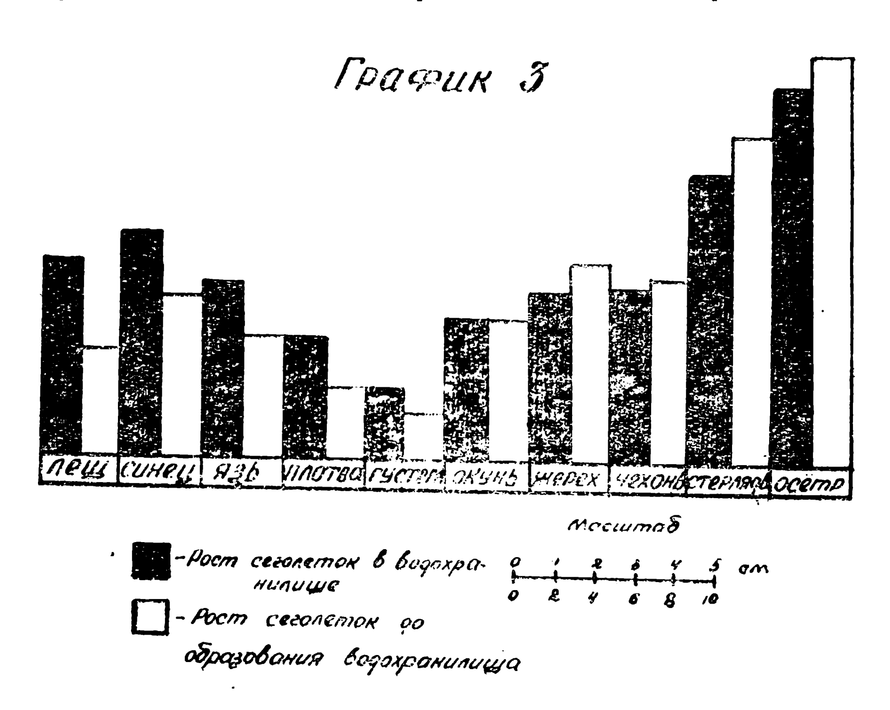
Чехонь. Размеры сеголеток чехони колеблятся от 6,7 до 10,6 см, в среднем — 9,6 см, вес — 6,5 г. В прошлом, по данным Яниной Н. (1954), сеголетки чехони имели размер в сред-

нем — 9,7 см. Таким образом, рост молоди чехони в водохранилище остался прежним.

Подуст. Молодь подуста в водохранилище оказалась очень малочисленной. В нашем распоряжении было всего лишь 8 экземпляров, средний размер которых составлял 5,1 см.

Стерлядь. Сеголетки стерляди в русловой части водохранилища являются весьма многочисленными, особенно в районе Камского Устья. В нашем распоряжении было большое количество молоди стерляди. Мы использовали только одну пробу, взятую 18/X-56 г. В этой пробе размер сеголеток стерляди колебался от 10,0 до 18,5 см, в среднем — 15,2 см, средний вес — 9,4 г. По данным Шмидтова А. И. (1939), средний размер сеголеток стерляди на Волге в пределах Татарской АССР составлял 16,9 см, т. е. на 1,7 см больше, чем теперь.

Осетр. Сеголетки осетра встречаются на всем протяжении Куйбышевского водохранилища; они, как и молодь стерляди, держатся в русловой части его. Численность молоди осетра довольно велика. Размер ее колеблется от 15,8 до 23,0 см, в среднем — 20,4 см, вес в среднем — 16,0 г. В прошлом, по



данным Лукина А. В. (1934), сеголетки осетра к осени вырастали в среднем до 22,6 см, т. е. на 2,2 см больше, чем в первый год существования водохранилища.

В заключение в графике 3 приводим темп роста сеголеток основных промысловых рыб до и после образования Куйбышевского водохранилища.

Из этого графика отчетливо видно, что молодь рыб, обитающих вне русловой части водохранилища, обладает лучшим ростом, чем молодь рыб, придерживающихся прирусловой части. К первой группе относятся: молодь леща, синца, язя, плотвы, густеры. К второй группе — молодь осетра, стерляди, жереха и чехони.

Выводы:

1. Размножение рыб в первый год существования Куйбышевского водохранилища происходило в нормальные сроки и в гидрологических условиях близких к прежним, за исключением скорости течения.

2. Сеголетки рыб, обитающие в волжском участке водохранилища, обладают относительно быстрым ростом, по сравнению с сеголетками камского участка, где меньше сказывается влияние водохранилища.

3. Сеголетки, обитающие вне русловой части водохранилища, обладают лучшим ростом, чем до образования водохранилища.

4. Сеголетки рыб, обитающие в русловой части водохранилища, имеют меньший рост, чем до образования водохранилища.

5. В целях сохранения таких ценных промысловых рыб, как сазан, следует на ближайшие годы осуществить строгий запрет лова их на местах концентрации всеми орудиями лова.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алекин О. А., Гидрохимия. 1952 г.

2. Дрягин П. А., Галкин Г. Г., Сорокин С. М., Условия размножения и рост рыб в Цымлянском водохранилище в первый год его существования. Изв. ВНИОРХ, том XXXIV. 1954.

3. Лукин А. В., Васянин К. И., Попов Ю. К., Малоценные и сорные рыбы Татреспублики, их значение в промысле и пути хозяйственного использования. Изв. КФАН СССР, сер. биол. наук, 2. 1950.

4. Лукин А. В., Некоторые данные о биологии промысловых рыб бассейна Волги в пределах ТАССР. Уч. записки КГУ, том 94, вып. 4. 1934.

5. Монастырский, Атлас промысловых рыб СССР. 1949.
6. Николаев Н. И.. К биологии окуня Средней Волги. Сб. студенческих работ Ульяновского пединститута. 1956.
7. Смирнов Г. М., Материалы по биологии синца Нижней Камы и Средней Волги. Уч. зап. КГУ, том 116, кн. 1. 1956.
8. Шапошникова Г. Х., Лещ и перспективы его существования в водохранилище на Волге. Тр. Зоол. инс. том VIII, вып. 3. 1948.
9. Шмидтов А. И., Стерлядь. Уч. зап. КГУ, том 99, вып. 4, 1939.
10. Штейнфельд А. Л., Густера Средней Волги и ее значение в рыбном промысле. Тр. Тат. Отд. ВНИОРХ, вып. 5. 1949.

УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ УЛЬЯНОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ПЕДАГОГИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА имени И. Н. УЛЬЯНОВА
Том II, вып. 1. 1958 г.

ГАЙНИЕВ С. С.

ВИДОВОЙ И ЧИСЛЕННЫЙ СОСТАВ УЛОВОВ РЫБЫ КУЙБЫШЕВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

В результате сооружения Куйбышевской гидроэлектростанции образовалось огромное водохранилище с площадью 5000 км². Могучая энергия великой русской реки Волги вращает агрегаты 20 гигантских турбин, вырабатывающих свыше 11,4 млрд. киловатт-часов электрической энергии в год.

Голубые просторы Куйбышевского водохранилища бороздят многочисленные караваны судов не опасаясь, как прежде перекатов.

Немаловажное значение имеет использование Куйбышевского водохранилища для рыбохозяйственных целей. Ежегодная добыча рыбы по данным бригады ВНИОРХ'а, должна составить не менее 240 тысяч центнеров.

Куйбышевское водохранилище по гидрологическому и гидробиологическому режиму не является однородным. Оно подразделяется на пять плесов: Камский, Волжский, Центральный, Черемшанский и Приплотинный.

Камский плес расположен от села Лаишева на Каме до устья Вятки. Площадь его равняется 165 тыс. га. Здесь не вся пойма реки залита, а лишь ее низкие участки. Прирусловый вал на всем протяжении Камского плеса остается не затопленным. В гидрологическом режиме здесь сохранилось много речных черт. Так, например, сохраняется течение, а в паводок оно становится довольно быстрым. Благодаря этому, ил, отложенный за предыдущий меженный период, из русловой части реки вымывается.

В прохождении весеннего паводка так же наблюдается много речных черт. Как и в прошлом, до образования водохранилища, в начале мая уровень воды быстро поднимается и затопляет пойму. В конце мая пик паводка проходит, и начинается быстрая убыль воды, большая часть поймы освобож-

дается от воды и водохранилище переходит в меженное состояние.

Планктон несколько беднее чем в Центральном и Приплотинном плесах. Так, например, в пробе воды, взятой 25 августа 1956 года, содержалось 15 тыс. коловраток, 0,7 тыс. веслоногих рачков в 1 $м^3$.

Условия размножения для всех экологических групп рыб здесь являются благоприятными. Относительно быстрое течение, возникающее во время весеннего паводка, способствует очищению от ила нерестилищ реофильных рыб, расположенных в русловой части водохранилища. Временное затопление припойменных лугов создает благоприятные условия для размножения фитофильных рыб (лещ, синец, густера, плотва).

Существенным отрицательным фактором камского плеса являются зимние заморы, которые наблюдаются в некоторые годы.

Волжский плес по гидрологическому и гидробиологическому режиму является однородным с камским. Здесь так же сохранились черты речного режима: довольно быстрое течение, весенний паводок. Площадь волжского плеса составляет 90 тыс. га. В отличие от камского плеса здесь гидрохимический режим является благоприятным, зимний кислородный дефицит не наблюдается.

Центральный плес располагается от города Сенгилея до села Лаишева Татарской АССР. Площадь его равняется 162 тыс. га.

Центральный плес самый обширный участок Куйбышевского водохранилища. Здесь вся долина Волги от правого коренного берега до первой надпойменной террасы левого берега залита водой. Ширина достигает местами 40—50 км (Ундоры, Камское Устье).

Наряду с обширными открытыми участками, подвергающимися действию ветров всех направлений, имеются укрытые, далеко вдающиеся по долинам рек заливы. В пределах Ульяновской области такие заливы образовались в устьях рек Утка, Майна, Урень, Калмаюр по левому берегу, Тушонка — по правому берегу.

Гидрологические и гидробиологические условия в открытой части водохранилища и заливов резко отличаются друг от друга.

В открытой части Центрального плеса на формирование морфометрических признаков берегов, дна огромное влияние оказывают частые волнения.

Под влиянием волн, особенно штормовых, берега водохранилища быстро разрушаются и размываются. Местами разрушение берегов в настоящее время за одно лето достигает до 50 м. Грунт, смытый с берегов, частично отлагается здесь же, но часть его песчинок переносится на значительное расстояние и отлагается в глубинах. Это способствует выравниванию глубин и формированию биоценозов дна.

Волнения воды выравнивают термический, газовый режимы, вызывают перераспределение планктонных организмов. Под действием нагонных ветров в заливах, убежищах, а иногда даже у открытого берега скапливается огромная масса планктона. В то же время на других участках открытой части водохранилища, во время штормов, длящихся несколько дней, количество планктона резко сокращается, временно прекращается цветение воды. Так, например, во время северо-западных ветров огромная масса планктона скапливается в заливе Усть-Урень.

Особые условия жизни создались на больших глубинах в русловой части водохранилища. Здесь летом постоянно наблюдается различие в термическом режиме. Разница температуры глубины и поверхностных слоев воды достигает до 5—7°.

Так, например, 20 июля на поверхности воды температура равнялась 25°, на глубине 28—35 м. — только 17—18°.

На больших глубинах меньше планктонных организмов, особенно растительных. Заиление дна, происходящее интенсивнее в больших глубинах, создает благоприятные условия для развития бентоса. Биомасса бентоса в центральном плесе в зависимости от характера грунта летом 1957 г. колебалась от 9,4 до 46,5 г на 1 м^2. Своеобразный биоценоз формируется на затонувших деревьях и кустарниках; состоит он главным образом из дрейсен, мшанок, лужанок, личинок ручейников, тендипедид, пиявок и т. д. Следует подчеркнуть, что несмотря на большие работы по очистке ложа водохранилища от деревьев и кустарников, оно оказалось сильно засоренным древесными остатками. Фактически в центральном плесе очень мало участков дна, свободных от древесных остатков. Местами они образуют большие скопления, где невозможно применять какие-либо орудия лова, не подвергаясь риску оставить их на дне. Даже русловая часть водохранилища оказалась сильно засоренной.

Условия жизни в защищенных от ветра заливах формируются без влияния действия волны. Глубина воды в большинстве заливов незначительная и не превышает 5—6 метров да и

то только в первой половине лета. Начиная с конца июля, уровень воды начинает постепенно снижаться, часть берега освобождается от воды еще до ледостава.

В заливах цветение воды начинается раньше, чем в центральных участках. Здесь иногда нагонными ветрами скапливается огромная масса растительного планктона, вызывающего частичный замор.

В заливах остались невырубленные, затонувшие кустарники. В них в большом количестве развиваются нитчатые водоросли. Последние развиваются так же на дне, где глубины не превышают 3—4 м., образуя сплошной войлок. Условия жизни в заливах благоприятны только в начале лета, а затем постепенно ухудшаются. Рыбы здесь живут только в первой половине лета, с началом снижения уровня и массового цветения воды, большинство видов покидают заливы и держатся на открытых участках водохранилища. До осени здесь питаются окунь, плотва, язь, серебряный и золотой карась, сазан, щука.

Характерной особенностью большинства заливов следует считать зарастание жесткой растительностью.

Приплотинный плес по гидрологическому и гидробиологическому режиму близок к центральному. Здесь, как и в центральном плесе, большую роль в формировании гидрологического режима оказывает волнение воды. В приплотинном плесе происходит более прогрессивное заиливание дна, за исключением участков, расположенных у самой плотины.

Процесс сильного заиливания дна создает несколько худжий кислородный режим, поэтому биомасса здесь беднее, чем в центральном плесе. Площадь приплотинного плеса равняется 108 тыс. га.

Черемшанский плес образовался на месте впадения реки Большой Черемшан в Волгу. Площадь черемшанского плеса в весенне-летний период составляет 51 тыс. га., к осени несколько уменьшается. Длина черемшанского плеса 50 км., средняя ширина 10 — 15 км. Глубины здесь незначительные 4—7 метров.

Биомасса бентоса в залитой пойме в августе 1956 г. составила 24,4 г., в русловой части — 68,6 г. на 1 $м^2$; зоопланктон состоял из: коловраток — 21 тыс., ветвистоусых рачков — 12 тыс., веслоногих рачков — 78 тыс. на 1 $м^3$.

Наши исследования по распределению рыб охватывают только центральный плес Куйбышевского водохранилища, преимущественно нижнюю его часть, входящую в состав Ульяновской области.

Материалы для данной статьи собирались путем анализа промысловых, контрольных уловов на местах вылова рыбы.

В прошлом до образования водохранилища в центральном плесе, в пределах Ульяновской области, вылавливали рыбу 8 рыболовецких колхозов, состоящие из 22—24 рыболовецких бригад. В распоряжении каждого рыболовецкого колхоза было 2—3 невода, по несколько волокуш, тысячи вентерей. В некоторых колхозах для промысла стерляди применялись ванды, для подледного лова налима — жаки. Плавные сети применялись только в колхозе «1-е Мая» (г. Сенгилей). Ежегодная добыча рыбы, сдаваемая Ульяновскому рыбтресту, составляла 7—9 тыс. центнеров.

Основную массу уловов составляли местные рыбы. Из проходных рыб вылавливались сельдь-черноспинка, волжская сельдь, сельдь-пузанок, белуга, проходной осетр, севрюга, белорыбица. В прошлом из 48 встречающихся видов промысловое значение имели 30 видов рыб. По многолетним данным основную массу уловов составлял так называемый «мелкий частик» (75—80%).

Первое место в уловах до образования водохранилища занимал лещ, составлявший по весу 36,83% всех уловов, состоящих в основном из мелких, неполовозрелых рыб. Доля других видов рыб в уловах составляла: окунь — 10,91%, щука — 9,7,% синец — 6,45%, плотва — 6,42%, язь — 5,52%, сельди — 4,92%, жерех — 3,11%, чехонь — 2,54%, карась золотой — 2,28%, густера — 2,10%, судак — 1,89%, уклея — 1,30%, белоглазка — 1,07%, подуст — 0,75%, ерш — 0,63%, стерлядь — 0,21%, линь — 0,20%, овсянка — 1,08%, сом — 0,99%, вьюн — 0,02%.

За два года существования Куйбышевского водохранилища уже можно констатировать некоторые изменения в видовом и численном составе рыб. В связи с сооружением плотины, перегораживающей Волгу, проходные рыбы не могут проходить в Куйбышевское водохранилище. Поэтому они здесь уже не встречаются. Лишь в небольшом количестве водятся еще из проходных рыб белуга, проходной осетр, севрюга, оставшиеся от речного периода. Видовой состав местных рыб сохранился прежний, но численное соотношение отдельных видов заметно изменилось.

Установление видового и особенно численного состава рыб в водохранилище представляет значительную трудность. Анализ промысловых уловов настоящей картины численности рыб не дает, т. к. промысел рыбы производится еще пока исклю-

чительно в прибрежных участках и заливах, защищенных от ветра. Даже научно-исследовательские суда ограничиваются только изучением русловой части водохранилища. Широкие просторы открытой части водохранилища, особенно залитые луга, кустарники остаются совершенно не изученными. А между тем изучение численности и распределение рыб, особенно в открытой части водохранилища представляет исключительный теоретический и практический интерес.

Изучение численности рыб и их распределение в течение их годового цикла жизни должно позволить рыболовецким колхозам быстрее освоить рыбные богатства нового водоема, сохраняя при этом определенный резерв производителей для естественного воспроизводства промыслового стада.

Теоретическое значение изучаемого вопроса заключается в том, чтобы выяснить, в какой степени рыбы осваивают богатые кормовые ресурсы водохранилища, какие виды из них лучше приспособились к новым условиям, как отразились новые условия жизни на производительной способности и темпе роста рыб.

Анализ промысловых и контрольных уловов рыбы летом 1957 года

В таблице 1 приводятся результаты анализов промысловых и контрольных уловов рыбы по весу и по числу особей.

Видовой состав уловов зависит в значительной мере от места, орудия и времени промысла. В прошлом в период весеннего паводка основным орудием лова в пределах Ульяновской области были вентеря. В небольшом количестве рыба вылавливалась неводами на стрежневых песках и протоках. Летом и осенью рыба вылавливалась неводом, зимой — неводом, жаками.

В настоящее время в Куйбышевском водохранилище промысел производится во все времена года исключительно ставными сетями.

В мае месяце 1957 года наблюдения над видовым составом уловов мы производили в открытой части водохранилища северо-восточнее города Ульяновска в 12—15 км. В начале мая в этом районе еще оставались небольшие островки, на которых базировалась 2-я бригада рыбколхоза имени Ленина. Эти островки от основного левого берега были расположены на расстоянии 6 км. К концу весенней путины, т. е. к 10 мая все островки были затоплены. Рыболовецкая бригада имела в сво-

ем распоряжении капроновые сети размером ячеи — 24 мм, 34 мм, 40 мм и 60 мм.

В крупноячейные сети попадалась исключительно крупная щука и лишь единичные экземпляры судака. Других видов рыб в них не было.

В первой графе таблицы № 1 приводятся результаты анализов уловов в открытой части водохранилища, произведенных 4 и 5 мая. Мы просмотрели 296,7 кг, в которых насчитывалось 1322 экземпляра рыб, относящихся к 14 видам. Как видно из таблицы, в этой пробе по весу, а так же по количеству экземпляров рыб больше было синца и густеры, на третьем месте плотва. Довольно много было также окуня, щуки, леща, золотого карася. В небольшом количестве встречались серебряный карась, сазан, язь, чехонь, линь, составляющие по весу 4,9%.

Вторая колонка таблицы означает результаты анализа улова, произведенного в третьей бригаде рыбколхоза имени Ленина, которая добывала рыбу в обширном заливе, севернее рабочего поселка Верхняя Часовня.

В гидрологическом отношении этот участок водохранилища характеризовался очень слабым течением, которое фактически ощущалось лишь на расстоянии не менее 500 м от берега. Глубина колебалась от 3 до 7 м. Сети ставились на залитой, поросшей жесткой растительностью пойме, на местах массового нереста плотвы и окуня. Для удобства сравнения, как в первом случае, мы брали уловы из 6 сетей, утренней выборки 8 и 9 мая, в которых было 1029 экземпляров рыбы, относящиеся к 14 видам с общим весом 207 кг. Основную массу уловов как по весу, а так же по количеству особей составляли плотва и окунь, на долю которых приходилось более 60% уловов. Часто встречались золотой карась, щука, несколько в меньшем количестве густера и синец.

Иное количественное соотношение рыб выявлено в уловах третьего звена первой бригады того же рыболовецкого колхоза.

Здесь кроме обычных для других участков водохранилища — плотвы, щуки, золотого карася, много было сазана, серебряного карася ,густеры, синца (см. 3 колонку). Гидрологические условия на этом участке были сходными с открытой частью водохранилища. Сети ставились на конце большой косы, далеко вдающейся в водохранилище, где течение достигало 25—30 см. в секунду. Дно песчаное с редкой, отмершей растительностью. Для анализа мы использовали рыбу в количестве

Таблица № 1.

Видовой и численный состав уловов в Центральном плесе Куйбышевского водохранилища в 1957 году

Название рыб	Открытая часть водохранилища 3—5 мая 1957 г.		Залив севернее п. Верхняя Часовня 8—9 мая 1957 г.		Левый берег северо-западнее поселка Ленина 10—11 мая 1957 г.		Залив Усть-Урень 15—16 июля 1957 г.		Открытый участок водохранилища западнее Усть-Уреня, 10—14 августа 1957 г.		Открытый участок водохранилища восточнее Захарьевских рудников 15—16/IX-1957 г.	
	Вес в кг	В %%	Вес в кг	В %%	Вес в кг	В %%	Вес в кг	В %%	Вес в кг	В %%	Вес в кг	В %%
Плотва	44,5	15,0	95,0	45,8	35.0	19,5	54,0	34,6	1,3	1,8	4,8	4,0
Окунь	32,6	11,1	35,0	18,8	18,2	10,11	28,0	17,7	3,3	2,8	3,6	3,0
Золотой карась	24,0	7,6	26,5	12,8	35,0	19,4	14,6	9,2	5,2	7,8	—	—
Серебряный карась	1,8	0,6	4,8	2,3	20,0	11,1	12,2	8,8	3,9	5,6	—	—
Густера	63,3	21,1	6,2	3,2	7,0	3,8	4,5	3,0	2,3	3,2	26,4	22,0
Синец	62,2	21,0	3,5	1,7	5,2	2,9	8,2	5,9	11,9	16,3	44,4	37,0
Щука	31,6	10,6	12,5	6,0	28,0	15,6	5,3	3,5	13,2	18,5	—	—
Язь	3,4	1,3	1,6	0,7	2,3	1,3	4,2	2,8	1,5	2,1	0,8	0,7
Белоглазка	3,8	1,5	1,0	0,6	1,6	0,8	—	—	—	—	0,4	0,3
Лещ	25,6	8,8	5,2	2,5	1,5	0,8	3,2	2,0	8,7	11,9	18,0	15,0
Чехонь	3,7	1,4	6,2	3,0	1,0	0,7	8,2	3,5	19,6	27,2	19,0	15,9
Сазан	—	—	3,2	1,6	16,8	9,5	14,0	7,8	1,1	1,8	—	—
Судак	—	—	1,8	0,9	3,4	1,8	—	—	—	—	—	—
Жерех	—	—	—	—	—	—	—	—	0,5	1,0	1,2	1,0
Голавль	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,6	0,5
Подуст	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,4	0,3
Красноперка	—	—	4,4	2,1	5,0	2,7	1,6	1,0	—	—	0,4	0,3
Всего:	297,0	100%	207	100%	180,0	100%	158,0	100%	72,5	100%	120	100%

180,1 кг из утренней выборки 10 и 11 мая. В ней насчитывалось 665 экземпляров рыб, относящихся к 15 видам. Кроме перечисленных видов, встречались — судак, берш, красноперка, стерлядь. Последняя была представлена одной особью весом 1,5 кг.

В четвертой колонке приводятся результаты анализов летних уловов, произведенных 15 и 16 июля в затоне в устье речки Урень. Из приводимых данных видно, что преобладающими видами в заливах являются плотва, окунь, золотой карась, серебряный карась, сазан, т. е. рыбы озерного комплекса. Правда в первой половине лета здесь довольно в большом количестве вылавливаются густера, синец. С конца июля, когда начинается массовое цветение и понижение уровня воды, последние покидают заливы и жируют в открытых участках водохранилища.

Следует заметить, что в мелководных, прибрежных участках заливов в большом количестве в течение лета держалась молодь леща, язя, плотвы. При контрольном лове мальковым бреднем, длиною 22 м, размером ячеи в крыльях 12 мм, в мотне 6 мм с захватом 500—600 м^2 прибрежного участка за одно притонение попадалось до 5—6 кг сеголеток леща, размером от 6—10 см, весом — 5—7 г.

В том же заливе обитала масса молоди плотвы и язя, численность которых за одно притонение достигала до 500—600 штук.

Видовой состав уловов в открытой части водохранилища резко отличается от такового в заливах. С 10 по 15 августа мы проводили контрольный лов рыбы тремя сетями размерами ячеи — 24, 34 и 40 мм. Сети были поставлены в 1500 м от левого берега водохранилища, в районе устья речки Урень, на глубину 4—6 метров. За это время выловлено 72,7 кг рыбы. Как видно из таблицы, по весу больше всего было чехони, составляющей 25%, синца — 19%, щуки — 18,3%, леща — 13%, золотого карася — 9%, густеры — 3,2% и прочие рыбы — 5,5%. В сети попадалась исключительно упитанная крупная чехонь, размером 35—45 см, весом 300—500 г.

Совершенно иную картину численного соотношения рыб в уловах дают опытные ловы, проведенные в ночь на 18 и 19 сентября в открытой части водохранилища, в районе Захарьевских рудников.

Три сети с размерами ячеи 24, 34 и 40 мм были расставлены у поверхности воды. За две ночи было выловлено 120 кг рыбы. Сам процесс ловли продолжался с 8 часов вечера до

3 часов утра. Доминирующими видами в уловах были синец, густера, лещ, чехонь. Попадались единичные экземпляры головля, жереха, красноперки, язя, ельца, уклеи. Во время контрольного лова погода была невполне удовлетворительная, дул свежий южный ветер, высота волны достигала до 0,8 м. При более сильном ветре сети необходимо ставить от поверхности воды не менее чем на 1—2 метра.

Применением сетного лова в поверхностных слоях воды в июле — августе можно выловить дополнительно большое количество рыбы. В настоящее время в центральном плесе Куйбышевского водохранилища рыбный промысел производится в основном в защищенных от ветра заливах.

Как указывалось выше, с началом массового цветения воды и с падением уровня воды большинство видов рыб из заливов эмигрирует в открытую часть водохранилища. В это время в открытой части водохранилища местами концентрируется большое количество синца, густеры и других рыб. Об этом свидетельствуют цифры, приведенные в последнем столбце таблицы.

Приведенные анализы уловов в известной мере дают представление об удельном весе встречающихся в уловах видов рыб.

Сравнение с данными о видовом составе уловов рыб до образования водохранилища, приведенными в таблице, показывает значительные сдвиги, происшедшие в количественном соотношении их. Наши анализы уловов отличаются значительным преобладанием плотвы, что объясняется следующими обстоятельствами. В прошлом плотва встречалась в уловах в пойменных озерах и затонах. В русловой части реки ее было очень мало. Известно, что в основных стациях обитания плотвы, — пойменных озерах, — происходили ежегодные заморы, приводившие к их массовой гибели. Молодь плотвы в большом количестве погибала так же при высыхании небольших пойменных водоемов. В настоящее время в Центральном, Приплотинном и Черемшанском плесах эти озера затоплены. Заморные явления, как фактор, регулирующий численность этой рыбы, перестал существовать. В результате этого плотва, обладая воспроизводительной способностью, нашла благоприятные условия для массового размножения. Она распространилась по всему центральному плесу, хотя предпочитает места, защищенные от действия волн (заливы).

В большом количестве в водохранилище встречается окунь. В зависимости от места и времени лова, его доля в

уловах колеблется по весу от 2,8 до 17,7%, по количеству особей от 3,7 до 15,2%. Окунь в водохранилище очень широко распространен и встречается во всех стациях, как в открытых участках, так и в заливах.

Причина массового появления окуня в водохранилище та же, что и для плотвы. В прошлом окунь, подобно плотве, обитал преимущественно в пойменных, заморных водоемах, где ежегодно погибал в большом количестве. Половая зрелость окуня наступает в возрасте двух лет. В будущем возможно еще большее увеличение численности окуня.

Золотой карась в водохранилище является весьма многочисленным. Он держится, главным образом, в заливах. В открытых участках после окончательного наполнения водохранилища стал встречаться реже. Все особи карася, попадающие в рыболовные снасти, относятся к старшим возрастным группам, т. е. оставшимся от речного периода. По приплоду молоди карася мы не располагаем достаточными данными. В центральном плесе не следует ожидать дальнейшего увеличения численности золотого карася, следовательно и увеличения уловов его.

Серебряный карась до 1950 года в Средней Волге в пределах Ульяновской области встречался единично в пойменных озерах. После 1950 года численность его постепенно стала увеличиваться, весной 1955 года он приобрел существенное промысловое значение. В водохранилище серебряный карась в некоторых стациях встречается в довольно большом количестве. Размножение протекает нормально, молоди его много. Все рыбы, вылавливаемые промыслом, относятся к популяциям, родившимся в речной период.

Численность серебряного карася в дальнейшем сохранится видимо на таком же уровне.

Густера весьма многочисленна в Куйбышевском водохранилище. Она преимущественно держится в открытой части. В заливах встречается только в первой половине лета. Начиная с третьей декады, когда начинается массовое цветение в заливах, которое обычно совпадает с понижением уровня воды в водохранилище, она покидает заливы и жирует в открытой части водохранилища. Особенно много концетрируется густера с третьей половины июля на горной стороне водохранилища.

Густера в водохранилище размножается нормально, молодь ее многочисленна. В дальнейшем численность ее несомненно будет увеличиваться.

Синец является самым перспективным видом для Куйбы-

шевского водохранилища, как единственная рыба, питающаяся исключительно планктонными организмами. Он в течение всего лета держится в открытых участках водохранилища, в заливы заходит редко. В прошлом, до образования водохранилища, синец осенью в большом количестве заходил в затоны, где он в основном вылавливался. Заход синца в затоны совпадал с осенним подъемом уровня Волги. В настоящее время в Центральном и Приплотинном плесах осеннего подъема воды не будет, а наоборот в это время происходит снижение уровня. Концентрация синца в промысловых количествах наблюдается во второй половине лета в открытых участках водохранилища.

В водохранилище синец хорошо размножается, в ближайшие годы следует ожидать резкое увеличение численности синца.

Щука является многочисленной в Куйбышевском водохранилище. Она встречается как в открытой части водохранилища, так и в заливах. Щука до образования водохранилища была многочисленной, но значительная часть ее погибла от зимних заморов в пойменных озерах. В дальнейшем численность ее, повидимому, уменьшится, как это наблюдается во всех водохранилищах.

Язь, как указывалось выше, большого промыслового значения не имел. Молодь его ежегодно в большом количестве погибала в пойменных водоемах. В реке язь держался на песчаных косах.

В водохранилище язь довольно многочисленен, особенно молодь его. Встречается как в открытой части водохранилища, так и в заливах. В будущем численность его будет увеличиваться.

Белоглазка большого промыслового значения не имела, в водохранилище ее роль в промысле не будет велика. В водохранилище она держится исключительно в русловой части, лишь весной немного встречается в залитой пойме.

Лещ в Куйбышевском водохранилище является важнейшей промысловой рыбой, хотя численность его пока крайне недостаточна. По данным бригады ВНИОРХ лещ должен составить 35% уловов. В прошлом, до образования водохранилища он вылавливался в большом количестве, но это были преимущественно рыбы-маломерки, не достигшие половой зрелости. Старшие возрастные группы леща встречались так же довольно часто.

В настоящее время в связи с увеличением водоема крупный лещ оказался крайне разреженным, поэтому в уловах по-

падается исключительно редко. Сеголетки и двухлетки леща многочисленны, особенно в заливах, защищенных от действия волны. Так, например, при контрольном лове бреднем в заливе Усть-Урень 8 августа за одно притонение попадалось от 500 до 1000 экземпляров молоди леща. Ее много и в открытой части водохранилища. При контрольном лове 28 июля тем же бреднем в районе Володарского острова за одно притонение попалось 700 экземпляров сеголеток леща.

Лещ встречается во всех стациях водохранилища — заливах, вблизи островов, в прибрежных участках, а так же в открытой части водохранилища, но всюду немногочисленен. Некоторые скопления леща наблюдаются во второй половине лета и в начале осени в правобережных участках водохранилища.

Чехонь перед формированием водохранилища был малочисленным. Его доля в уловах была незначительной. Основной стацией обитания чехони в реке была русловая часть, в затоны он почти не заходил. В настоящее время численность чехоня быстро увеличивается.

Молодь чехоня, а так же рыбы промысловых размеров, многочисленны и постоянно придерживаются открытой части водохранилища. В заливы заходят в небольшом количестве и только в первой половине лета.

В уловах сетями вылавливается исключительно крупная и упитанная чехонь, средний вес которой составляет 350 г. Со временем численность чехоня в водохранилище будет увеличиваться, т. к. условия размножения и питания для него вполне благоприятны.

Быстрый рост, особенно привес тела, способность использовать разнообразные корма и нетребовательность к содержанию в воде кислорода делает сазана очень ценным видом для Куйбышевского водохранилища.

Сазан в прошлом встречался исключительно редко. Несколько больше было его в пределах Татарской АССР (Лукин — 1952). Но уже первый год существования водохранилища ознаменовался массовым появлением молоди сазана, вызванным искусственными рыбоводными мероприятиями с одной стороны и естественным размножением с другой. Размножение сазана летом 1957 года оказалось менее эффективным. Это объясняется тем, что на местах размножения сазана концентрировалась огромная масса молоди плотвы, уклеи, выедающая икру его. В результате этого сеголеток сазана оказалось в три—четыре раза меньше, чем в предыдущий год. Более подробные материалы об экологии этой рыбы приводятся в

нашей статье, опубликованной в 10 томе «Ученых записок» Ульяновского пединститута (1958).

Весной с повышением температуры воды до 15—16° сазан начинает подходить к местам летнего нагула, где кормится до осени. Основными стациями летнего нагула сазана являются левобережные мелководные участки водохранилища и защищенные от действия волны заливы. В русловой части водохранилища сазан в летнее время не встречается, а так же не встречается на глубоких участках правобережья. Осенью с понижением температуры воды до 8° сазан покидает места летнего нагула и уходит в центральную часть водохранилища. В это время он часто встречается на самых глубоких участках русловой части водохранилища. Так, например, в сети, выставленные нами в октябре в русловой части водохранилища на глубине 30 м. в районе старой пристани города Ульяновска, ежедневно попадалось от 2 до 5 экземпляров сазана весом от 500 до 1350 г.

В зимнее время сазан также держится в русловой части водохранилища. Об этом свидетельствует тот факт, что в заливах в сети попадается исключительно щука и окунь, в то же время в русловой части наряду со стерлядью часто попадаются сазаны.

Для дальнейшего быстрого увеличения численности сазана до промысловых размеров, предусмотренных планом рыбохозяйственного освоения Куйбышевского водохранилища, необходимо срочно принять меры к искусственному воспроизводству его в рыбопитомниках. Такая необходимость вызывается еще тем, что в связи с массовым размножением молоди сорных рыб естественное воспроизводство сазана оказывается мало эффективным.

Судак в первый год существования водохранилища отнерестился хорошо, молоди появилось много. Но со второй половины лета происходила массовая гибель. В результате этого численность этой рыбы пока крайне недостаточна. Судак в водохранилище держится исключительно в открытой части его, в затоны заходит очень редко.

Гидрологические и гидробиологические условия вполне благоприятны для судака, поэтому следует ожидать увеличения численности его. Для ускорения процесса воспроизводства судака необходимо искусственное разведение.

Жерех в прошлом и теперь является малочисленной рыбой. Его значение в промысле не велико. В течение всего года жерех держится исключительно в русловой части водохрани-

лища. Условия для размножения жереха в центральном плесе не вполне благоприятны, поэтому ожидать увеличения численности этой рыбы не приходится.

Подуст, голавль встречаются в водохранилище только в русловой части и в очень небольшом количестве. В прошлом эти рыбы довольно многочисленны были на участках реки с быстрым течением. Подуст и голавль в водохранилище не будут иметь существенного значения.

Стерлядь, осетр в водохранилище являются многочисленными. За два года существования водохранилища эти рыбы размножались вполне удовлетворительно, молодь их весьма многочисленна. Все возрастные группы указанных рыб держатся преимущественно в русловой части водохранилища. Правда за последний год наблюдается выход некоторого количества стерляди в залитую пойму.

Стерлядь и осетр несомненно будут иметь промысловое значение, т. к. молоди этих рыб очень много.

Выводы:

1. За два года существования Куйбышевского водохранилища произошли весьма существенные изменения в соотношении численности некоторых видов рыб.

2. Такие малоценные сорные рыбы, как плотва и окунь, обладая огромной потенциальной способностью к размножению, очень быстро увеличиваются в численности, что является крайне нежелательным для воспроизводства ценных промысловых рыб.

3. Положительным явлением является массовое появление в Куйбышевском водохранилище сазана, но его численность не достигает до промысловых размеров.

4. Быстро увеличивается численность таких ценных рыб, как чехонь, синец, густера.

5. Численность крупного леща является крайне недостаточной.

6. Для быстрого освоения богатых кормовых ресурсов Куйбышевского водохранилища необходимо форсировать строительство рыбопитомников для искусственного воспроизводства сазана, судака и леща.

7. Необходимо форсировать лов рыбы сетями в открытой части водохранилища.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гайниев С. С., Численность и видовой состав рыб в средней Волге. Уч. записки, УГПИ, вып. 9. 1956 г.

2. Гайниев С. С., Размножение и рост молоди рыб в первый год существования Куйбышевского водохранилища. Уч. записки Ульяновского пединститута, вып. 11. 1958 г.

УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ УЛЬЯНОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ПЕДАГОГИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА имени И. Н. УЛЬЯНОВА
Том II, вып. 1. 1958 г.

Физика

Ц. М. РАБИНОВИЧ

ПОНЯТИЕ ОБ ЭЛЕКТРОНЕ В СОВРЕМЕННОЙ ФИЗИКЕ И В КУРСЕ ОБЩЕЙ ФИЗИКИ ПЕДАГОГИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА

Понятие об электроне — одно из важнейших понятий современной физики — занимает прочное место в курсах физики и химии средней школы. Поэтому, в курсе общей физики педагогического института сущность этого понятия должна быть фундаментально выяснена. Поскольку электроны входят в состав атомов тел, понятие об электроне неразрывно связано с понятием об атоме. В XX веке учение об атоме вступило в новую фазу. Этим самым была открыта новая страница и в учении об электроне, в котором видное место занимают сейчас вопросы излучения. Таким образом, стремясь выяснить сущность понятия об электроне, мы неизбежно будем вынуждены обращаться к вопросам строения и излучения атома.

Содержание самого термина «понятие», установленное марксистской логикой, разъяснено в трудах классиков марксизма-ленинизма, характеризующих понятие, как элемент абстрактного мышления, как одну из основных ступеней познания. «Понятие — высший продукт мозга, высшего продукта материи» говорит В. И. Ленин (I, стр. 163). Будучи абстрактным, понятие полнее отражает действительность, чем представление, оно раскрывает сущность предмета. Несмотря на абстрактный характер, понятия должны иметь конкретное содержание. Только конкретное понятие есть подлинно научное понятие, ибо оно воспроизводит объективную реальность во всех ее сложных закономерностях. Основой, на которой развивается понятие, служит практика. Научные понятия возникают и закрепляются в процессе активного взаимодействия человека с объективным материальным миром.

Диалектический материализм предостерегает нас от метафизического подхода к понятиям как к чему то вечному, постоянному, раз навсегда данному. «Для метафизики вещи и их

умственные образы, т. е. понятия, суть отдельные, неизменные, застывшие, раз навсегда данные предметы, подлежащие исследованию один после другого и один независимо от другого». Эта мысль Ф. Энгельса находит свое развитие в высказываниях В. И. Ленина. «Человеческие понятия не неподвижны, а вечно движутся, переходят друг в друга, переливаются одно в другое, без этого они не отражают живой жизни» (I, стр. 262). И там же мы читаем: «Всесторонняя, универсальная гибкость понятий, гибкость доходящая до тождества противоположностей, — вот в чем суть» (I, стр. 84).

Из этих положений марксизма-ленинизма мы и будем исходить при рассмотрении понятия об электроне и некоторых смежных с ним понятий.

Для курса общей физики, читаемого в педагогических институтах, вопрос о формировании понятий особенно важен. Будущий учитель физики должен не только владеть понятием для его практического применения. Он должен видеть это понятие в развитии, во всей его многогранности и гибкости. Только при этих условиях он сумеет творчески подойти к решению вопроса о формировании этого понятия в школьном курсе физики.

Понятие об электроне — одно из основных в современной физике — формируется на протяжении всего курса средней школы, как понятие об элементарной частице вещества, с элементарным отрицательным электрическим зарядом. Методика формирования этого понятия в средней школе основана на постепенном накоплении экспериментальных фактов, последовательно раскрывающих свойства электрона.

Так, в учебнике А. В. Перышкина для 10-го класса вначале дается представление о свободных электронах, являющихся причиной проводимости металлов (4, стр. 19), затем описан ряд опытов с катодными лучами, убеждающих в том, что они представляют поток электронов. Представление об электроне обогащается при рассмотрении термоэлектронной эмиссии, тока в металлах, электролитах и газах. При этом связь атома с электроном остается в тени. Все вопросы излагаются так, как будто учащимся ничего о связи электрона с атомом неизвестно. И только в связи с намагничиванием ферромагнитных тел впервые ставится вопрос о круговых токах, циркулирующих в молекулах (стр. 133).

Поскольку, к этому времени школьники уже знакомы с ядерной моделью атома из химии, они легко могут отождествить круговые молекулярные токи с электронами, циркулирующими внутри атомов и молекул.

Мысль о том, что теория строения атома изучается в физике с большим опозданием, поднималась методистами неоднократно. Несомненно также, что учение о строении атома, которое дает химия, мало используется для того, чтобы построить более глубокое, соответствующее современному уровню изложение вопросов строения и излучения атома.

Программы и учебник последних лет выгодно отличаются от прежних в этом отношении, но сделано еще крайне мало.

В явлениях фотоэффекта учащиеся встречаются со «старым знакомым» — свободным электроном металла. Явления люминесценции описываются вне связи с электроном, хотя электроны играют в них главную роль. Подобное изложение связано с тем, что вопросы действия света оторваны от учения о строении атома.

Тема «Строение атома», завершающая курс физики в школе, введена относительно недавно. Методика ее только разрабатывается. Рассмотрим некоторые варианты этой методики, чтобы иметь возможность судить о ее перспективном развитии. При этом мы будем касаться лишь вопросов строения атомной оболочки и излучения атома.

В учебнике (4) электронной оболочке атома уделяется крайне мало внимания. Дается ограниченное понятие о теории Бора в ее первоначальной форме. Таким образом, понятие об электроне мало развивается.

Методическое пособие Л. И. Резникова и В. Ф. Юськовича «Изучение раздела «Строение атома» в школьном курсе физики» дает учителям ценный вспомогательный материал, снабжает их подбором задач, решение которых способствует более глубокому пониманию и закреплению материала темы в пределах требований программы.

Ряд методистов (5, 6) доказывают в своих работах возможность и необходимость более углубленного изучения в школе вопросов люминесценции и фотоэффекта.

В диссертации Т. Ф. Герасименко (7) выдвигается необходимость более раннего изучения строения атомной оболочки, чем это принято в современной программе.

Есть методисты, которые ищут пути для углубления изучения в школе строения атома. Так, К. Н. Елизаров (8) не только полнее, чем в учебнике, излагает теорию Бора, но рассматривает ее затруднения и перебрасывает таким образом мостик к волновой теории электрона и атома. Некоторые методисты (9) доказывают возможность и необходимость в ближай-

шее время ввести элементы волновой теории материи в курс физики средней школы.

В диссертации С. М. Лезгинцевой (10) сделана попытка методического разрешения принципиально нового порядка изложения вопросов излучения, при котором теория строения атомной оболочки служит основой для изучения действий света. В этой диссертации также поднимается вопрос о введении представлений о волновой природе электронов в курс физики средней школы.

Действительно, явление диффракции электронов приобретает все большее значение в науке и технике и введение его в школьный курс физики желательно. Однако, мы здесь сталкиваемся с рядом трудностей, которые не позволяют думать, что такое введение сейчас возможно. Мы покажем ниже, что здесь речь идет о трудностях не только методического характера, но о трудностях самой науки об атоме и электроне. Только их преодоление, связанное с созданием последовательно-материалистической трактовки волн материи, откроет путь для изучения этого вопроса в школе.

В курсе общей физики педагогического института, естественно, рассматриваются элементы квантовой механики в объеме, необходимом для того, чтобы создать у слушателей этого курса вполне современное представление об электроне и атоме. При этом также возникает ряд трудностей, которые мы ниже рассмотрим.

А. Трудности в современном учении об атомах и электронах

Современные понятия об электроне и атоме неразрывно связаны с той интерпретацией, которая им дается в квантовой механике.

Одна из основных трудностей, которые испытывает современная наука в области учения о строении атома, заключается в сложности трактовки квантовой механики и ее основных положений.

В первую очередь это относится к физическому толкованию уравнения Шредингера, которое описывает поведение микрочастиц и является математическим выражением одного из основных законов микромира.

Со времени возникновения квантовой механики было сделано много попыток интерпретировать решение уравнения Шредингера. Рассмотрим наиболее важные из них.

Решение уравнения Шредингера, конечное, непрерывное и однозначное во всем рассматриваемом пространстве назы-

вают волновой функцией. Конкретный вид решения уравнения зависит от условий задачи, т. е. от типа потенциального поля.

В лекции, прочитанной в 1926 году в Колумбийском университете, Э. Шредингер сказал, что упомянутое выше уравнение верно, но «он не уверен в том, что оно означает» (цит. по 17). Тем не менее самому Шредингеру принадлежит первая попытка интерпретировать волновую функцию и связанные с ней волны де-Бройля. Он рассматривает волны де-Бройля, как электронные волновые пакеты, а квадрат амплитуды волновой функции, как вещественную плотность частицы. Гипотеза эта была однако вскоре отброшена, так как волны де-Бройля диспергируют в вакууме и волновой пакет электрона неустойчив. Он расплывается в пространстве.

На Сольвеевском конгрессе в 1927 году де-Бройль выдвинул теорию двойного решения уравнения Шредингера. Согласно ей, наряду с непрерывным решением уравнения Шредингера существует еще одно, которое имеет конечные значения (сингулярности) лишь в определенных дискретных точках, соответствующих частицам. Это надо понимать так, что частицы в своем движении подчиняются волне, которая получила в связи с этим название «волны-пилота». Доказывалась теорема, что подвижная сингулярность (материальная частица) должна описывать такую траекторию, чтобы в каждой точке скорость была пропорциональна градиенту фазы.

В процессе работы над теорией возникли серьезные математические трудности. После критики, которой подвергнул теорию двойного решения Паули, де-Бройль от нее отказался.

В 1928 г. М. Борн выдвинул вероятностную интерпретацию квантовой механики, которая признана до сих пор, как единственно верная трактовка. К сожалению, однако, Борн дополнил свою гипотезу следующими идеалистическими рассуждениями: если, измеряя физическую величину L, мы найдем Lk, то в результате измерения меняются наши знания о волновой функции, а следовательно меняется сама волновая функция. Предполагается, что измерение вызывает внезапное изменение волновой функции, которая объявляется потому непознаваемой, а несколько далее, — не отражающей вовсе никаких реальных свойств физического объекта. В конце концов, само существование объекта ставится в зависимость от субъекта и его действий. Так, гипотеза М. Борна открыла широкий путь в физику субъективному идеализму и фактически легла в основу современного физического позитивизма.

Согласно данной интерпретации в явлениях микромира

царствует хаос, атом — «анархичен», элементарные частицы бесструктурны, волны де-Бройля трактуются как волны вероятности, но физические причины существования вероятностных волн не выясняются. Вообще, на выяснение физических причин явлений микромира накладывается запрет. Последняя тенденция усиливается в связи с теоремой Неймана (1932 г.), запретившей существование каких-либо «скрытых параметров», описывающих индивидуальное поведение частиц. Фетишизировалась математическая сторона теории, а от самой теории требовалось только, чтобы она не противоречила данным эксперимента.

Таким образом, во главу теории ставится «принцип наблюдаемости», отвергающей все, что находится за пределами наблюдаемости.

Многие виднейшие физики, в том числе М. Планк, А. Эйнштейн, П. Ланжевен, М. Лауэ и др. не мирились с такой идеалистической интерпретацией.

Борьбу за материалистическую трактовку квантовой механики возглавили и ведут в течение ряда лет советские физики. Именно они вскрыли идеалистическую сущность «принципов» дополнительности и наблюдаемости. Д. И. Блохинцевым, К. В. Никольским, Я. П. Терлецким и другими советскими физиками ведется решительная борьба с идеалистическим толкованием квантовой механики.

В трактовке советских физиков сохраняется вероятностное толкование уравнения Шредингера, но вероятность в области микромира трактуется объективно (12).

Д. И. Блохинцев считает, что идеалистическое толкование квантовой механики зиждется на забвении ее статистической сущности. Этим самым подчеркивается, что квантовая механика по существу — статистическая теория и что ее нельзя рассматривать как теорию индивидуальных микропроцессов.

Такая точка зрения кажется тем более обоснованной, что само возникновение квантовой теории, начиная с работы В. А. Михельсона о распределении энергии в спектре абсолютно черного тела (1887 г.) связано с применением статистических законов к явлениям теплового излучения.

Огромная заслуга советской школы физиков перед мировой наукой заключается в том, что ее представители с позиций диалектического материализма разоблачили идеалистическую трактовку квантовой механики, показали ее несостоятельность и открыли против нее фронт борьбы.

Многие видные физики за рубежом признают, что их взгляд

на трактовку квантовой механики изменился под влиянием работ советских физиков, дискуссий, которые публиковались в советской печати и т. д. К таким ученым принадлежат Э. Коттон, Ж. Вассель, Ж. Шарль во Франции, А. Дацев, А. Поликарпов в Болгарии, Е. Ельштейн в Польше, И. Корнфорт в Англии, Л. Яноши в Венгрии и многие другие.

Широкая борьба, которую вели советские физики, привела к тому, что ряд основоположников квантовой механики вынужден был пересмотреть свои философские концепции и внимательнее подойти к определению важных для квантовой механики понятий.

Так, в последнее время появились статьи Н. Бора (39), свидетельствующие о его новом подходе к «рациональному понятию реальности».

Вместо фетишизирования взаимодействия между макрообъектом (прибором) и микрообъектом, которое раньше выдавалось за центральный объект рассмотрения теории, за которым никакой физической реальности не скрывается, Н. Бор теперь рассматривает наблюдаемые взаимодействия, как проекцию на прибор, за которой существует физическая реальность.

Такое признание представляет собой важный шаг в направлении отхода от позитивизма, с позиций которых неоднократно выступал Н. Бор.

Как показал В. А. Фок (40), основная проблема квантовой механики, проблема волны-частицы должна быть понята, как потенциальная возможность для атомного объекта проявить себя либо волной, либо частицей, в зависимости от внешних условий. Возможны и такие условия, когда волновые и корпускулярные свойства микрообъекта проявляются одновременно. Например, для внутриатомного электрона волновая функция имеет характер стоячей волны, быстро убывающей при удалении от центра атома. Это и означает, что электрон приблизительно локализован и вместе с тем немного размыт или разбросан в пространстве.

Позитивистская философская концепция в квантовой механике не может еще считаться окончательно побежденной. Многие видные зарубежные ученые еще стоят на ее платформе. Но и за рубежом возникает все больше очагов борьбы с позитивизмом. В этом плане положительную роль сыграли работы Д. Бома и Вижье, а также ряд последних статей де-Бройля (см. сборник 11). Д. Бому не удалось создать новую трактовку квантовой механики, к чему он стремился, зато он прекрасно вскрыл в своих работах сущность позитивистской шелухи, ко-

торая мешает понять подлинное содержание квантовой механики.

В новой работе М. Э. Омельяновского отдается должное интерпретации Бома—де Бройля—Вижье, как концепции, которая, несмотря на ряд недостатков, имеет «огромный философский плюс по сравнению с концепцией дополнительности» (13, стр. 268). М. Э. Омельяновский на протяжении многих страниц своей фундаментальной работы (13), обосновывает точку зрения на квантовую механику, как на статистическую теорию микропроцессов. С этой точкой зрения нельзя не согласиться, что было подчеркнуто нами и выше. Однако, вместе с тем, есть немало фактов, говорящих о том, что квантовая механика так же отражает противоречивые корпускулярно-волновые свойства, присущие каждому микрообъекту в отдельности.

Закон борьбы и единства противоположностей — один из основных законов материалистической диалектики проявляет себя, как в свойствах большой совокупности частиц, так и в свойствах каждой частицы в отдельности. Квантовая механика является теорией, в которой языком математических формул выражается этот закон диалектики в применении к микрообъектам.

Б. Трудности педагогического характера

Метод модельных гипотез

Мы выделили из всех трудностей, испытываемых современной наукой об атоме, те, которые, кроме своего принципиального характера, имеют важное педагогическое значение.

Трудности преподавания вопросов строения атома в школе тесно связаны с тем запретом, который квантовая механика в ее вероятностной интерпретации накладывала на описание структуры микрочастиц и их поведения в пространстве и во времени. Под влиянием этого запрета один из важнейших методов физического исследования — метод модельных гипотез, имеющий большое педагогическое значение, был объявлен «вне закона».

Классифицируя методы физического исследования, С. И. Вавилов говорит, что «громадным преимуществом метода модельных гипотез являются его наглядность и «понятность» (16, стр. 239). Отсюда и огромная педагогическая значимость этого метода.

С. И. Вавилов указывает ряд примеров в истории науки, когда метод модельных гипотез не только помогал осмысли-

вать то или другое физическое явление, но и давал возможность строго рассчитать закономерности, которым оно подчиняется. Так, например, модель упругого эфира дала возможность Юнгу и Френелю создать теорию интерференции.

Модель электронного «газа» способствовала созданию. и разработке современной физики металлов, теории теплопроводности, электропроводности металлов. По мере того, как наука развивается, одни представления в ней сменяются другими, более глубокими, усложняются и модели физических явлений. В современной науке «модель» явления может быть далеко не механической. Приписывать моделям, принятым в науке, только механический характер, значит недооценивать этот метод, сузить его, принижать его богатые возможности. Современная модель физического явления представляет собой в первую очередь картину того, как протекает данное явление в пространстве и во времени. Такая модель может быть весьма сложной и далеко не всегда сводимой к той или иной механической аналогии.

Так, например, модель упругого эфира была заменена моделью электромагнитного поля, которая не носит, конечно, механического характера. Она основывается на привычном теперь для нас представлении о векторах электрической и магнитной напряженности, которые меняются в пространстве и во времени, согласно волновому закону.

Отрицание возможности атомной модели тесно связано с принципом «дополнительности». Именно с точки зрения этого «принципа», мы должны отказаться от рассмотрения индивидуальной системы, как точно определяемого единого целого, все стороны которого доступны нашему мышлению. Модель отнюдь не должна сводиться только к наглядным картинам; она может включать, например, также и математические понятия, если они находятся в соответствии с описываемыми объектами.

Идеалистическая трактовка квантовой механики наложила запрет на любую модель, т. е. вообще на возможность причинного объяснения микропроцессов в пространстве и во времени. «Принцип дополнительности... отрицает любые модельные и наглядные представления об элементарных частицах и законах их движения, предлагая довольствоваться лишь описанием явлений в терминах понятий, относящихся к измерительным приборам», — пишет Я. П. Терлецкий (11, стр. 4). И далее: «К наглядным модельным представлениям сейчас проявляется буквально такое же отношение, какое в свое время проявлялось физиками махистами ко всей атомистике».

С отказом от моделей в микромире связана принципиальная бесструктурность микрочастиц, которую пытаются сделать основой квантовой механики. Вместо того, чтобы рассматривать этот факт, как слабость и недостаточность теории, сторонники ее чисто вероятностной интерпретации считают ненужной и нелепой саму постановку вопроса о структуре частиц, об их протяженности, траектории и т. п. М. Борн часто повторяет один из излюбленных своих тезисов: «Теория отвечает как раз на те вопросы, которые интересуют экспериментатора. Последний совершенно равнодушен к траекториям электронов в атомах, атомов в газах или нуклеонов в ядре; его вполне устраивают стационарные состояния и эффективные сечения столкновений, которые дает теория»... (11, стр. 108).

Острая борьба, которая развернулась сейчас вокруг интерпретации квантовой механики, свидетельствует об обратном. Из лагеря сторонников борновской концепции ушли такие видные ученые, как Дирак, де-Бройль, Шредингер. Квантовая электродинамика, представляющая релятивистское развитие квантовой теории, пришла, как к неминуемому результату многочисленных исследований, к протяженности и структуре электрона, к электронно-позитронному вакууму, представляющему новую модель мировой материальной среды, к возможности построения единой теории поля.

Зарубежные ученые, в прошлом приверженные к борновской интерпретации, теперь пришли к выводу: «Задачей теоретической физики больше не является дать результаты, которые могут быть согласованы с экспериментом. Она заключается в открытии законов природы» (17, стр. 631).

Если бесструктурность микрочастиц и запрет модели (даже мысленной картины) в области микромира перестает устраивать теоретиков и экспериментаторов, то тем менее они могут удовлетворять педагога.

Действительно, именно физики-идеалисты, заинтересованные в том, чтобы явления микромира предстали в туманном мистическом свете, отрицают значение моделей в развитии физики и ее познании. Они всячески стремятся доказать, что по самой своей сущности явления микромира носят такой характер, что они недоступны обычному человеческому разуму и мышлению и провозглашают квантовую механику эзотерической, т. е. недоступной для непосвященных.

Влияние их отразилось и на ряде учебников по общей физике. Так, например, в известном издании «Курса физики»

О. Д. Хвольсона (1933 г.) эта концепция изложена до предела оголенно и незавуалированно.

В учебнике указывается, что «всякая попытка искать причины явлений, строить модели того, что находится за кулисами, безусловно запрещена» (стр. 15).

И далее: «наука должна иметь дело исключительно только с такими величинами, которые могут быть наблюдаемы и измерены. Введение гипотез о закулисных причинах непосредственно наблюдаемых явлений не допускается. Поэтому не позволяется строить «модели атома», а тем более говорить об орбитах электронов в атомах, о форме и расположении этих орбит».

Хотя с течением времени концепция принципиальной наблюдаемости, подвергнутая резкой критике в советских философских и физических журналах, книгах и в ряде дискуссий, была изъята из советских курсов общей физики, все же остатки этой концепции в той или иной форме сохранились в ряде учебников.

Отсутствие единой трактовки основ квантовой механики затрудняет выбор путей для формирования понятий об электроне, атоме и фотоне. Однако, многое в науке уже четко определилось. Поэтому попытка анализа вопроса о формировании этих понятий в курсе общей физики представляет существенный методический интерес.

В. Понятие об электроне и атоме в курсе общей физики до квантовой теории

Все сложное здание современной физики проникнуто духом атомистики, блестяще подтвержденной многовековым человеческим опытом. Современное атомно-молекулярное учение проходит через весь курс общей физики. В нем находят свое отражение основные этапы истории развития атомистического учения, которые сыграли решающую роль в науке и не потеряли своего значения до сегодняшнего дня. Естественно также и то, что весь курс общей физики может быть построен на основе современных атомистических представлений, поскольку основы молекулярно-кинетической и электронной теории даются в средней школе.

Вот почему уже в механике, в связи с упругими свойствами, с особенностями движения жидкостей и газов, мы обращаемся к молекулярно-кинетической и даже электронной теориям.

Так, например, в учебнике К. А. Путилова (1954 г. и позднее) изложение теории упругости твердых тел связывается с взаимодействием электронных оболочек атомов и молекул (18, стр. 232—233).

Глубокое обоснование атомно-молекулярная теория находит в разделе «Молекулярная физика», который занимает важное место в курсе общей физики.

Именно здесь формируются (углубляются по сравнению с школьным) понятия о молекулах и об атомах. В этом разделе важно дать количественные характеристики размеров атомов, их пространственной протяженности. Ряд несложных расчетов приводит к приближенному определению размеров молекул.

В 1 см^3 воды содержится $^1/_{18}$ граммоля, следовательно, в нем содержится: $n = \frac{N}{M} = \frac{6{,}02.10^{23}}{18} = 3{,}34.10^{22}$ молекул.

N — число Авогадро,

M — молекулярный вес.

На одну молекулу приходится объем:

$$U = \frac{1}{3{,}34.10^{22}} \text{ см}^3 = 3.10^{-23} \text{ см}^3.$$

Если считать, что в воде молекулы расположены вплотную друг к другу, можно приближенно определить линейные размеры, приходящиеся на одну молекулу:

$$r = \sqrt[3]{3.10^{-23}\text{см}} = 3.10^{-8}\text{см}.$$

Для более наглядного представления о масштабах микромира и числе молекул полезно привести ряд сравнительных примеров (18, стр. 182).

Как показали многочисленные эксперименты, молекулы простых веществ имеют линейные размеры порядка 10^{-8}см. Есть, однако, сложные вещества, в состав молекул которых входят тысячи и даже миллионы атомов. Их размеры достигают порядка 10^{-6}см., что делает возможным рассмотрение их с помощью электронного микроскопа. Становится возможным непосредственное измерение их линейных размеров. В современной науке не вызывает сомнения вопрос о протяженности молекул и атомов.

В этом же разделе развивается представление о непрерывном хаотическом движении молекул и атомов, обусловленном температурой тела. Впервые в курсе общей физики рассматриваются статистические законы Максвелла и Больцмана и в связи с ними вводится представление о среднестатистических

величинах, характеризующих атомы и молекулы: наиболее вероятной, средней и средней квадратичной скоростях, средней длине свободного пробега, средней кинетической энергии и т. д.

Теория относительности дает формулу зависимости массы от скорости:

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}}.$$

Но обычные скорости атомов и молекул (даже при высоких температурах) столь невелики, что релятивистским изменением массы можно пренебречь. **Масса «покоя» атома или молекулы является не среднестатистической величиной, а представляет вполне определенную для данного вещества константу.**

Мы приходим к выводу, что система, состоящая из большого числа атомов или молекул, характеризуется рядом величин нестатистического характера, а также рядом величин статистических. К последним относится эффективный диаметр молекул и атомов, который определяется, как наименьшее расстояние, на которое сближаются центры частиц при их столкновениях. Чем больше кинетическая энергия молекул, тем ближе подойдут они друг к другу, преодолевая силы взаимного отталкивания.

За каждой статистической величиной стоят вполне реальные физические величины, характеризующие отдельные объекты, но состояние газа в целом значительно полнее характеризуется статистическими законами и статистическими величинами. Переходя от макросистем к микросистемам, мы имеем возможность показать, что законы, которые управляют последними, сложнее, они не сводятся к простым законам механики.

В молекулярной физике мы оперируем в основном весьма упрощенный моделью атома или молекулы в виде упругого шарика. Обойтись без такой модели было бы невозможно, — подчеркивает К. А. Путилов, так как «если бы мы захотели отказаться от представления о молекулах, как об упругих тельцах или как центра сил, обратно пропорциональных n-ой степени расстояния, то нам пришлось бы и всю кинетическую теорию газов выбросить из науки» (18, стр. 423).

Но такая модель оказывается непригодной при рассмотрении более сложных физических явлений, обусловленных внутренним строением атома.

Углубление понятия об атоме тесно связано с открытием дискретной структуры электричества. Развитие взглядов на вещество идет далее через электронную теорию, которую Г. А.

Лоренц рассматривал, как «распространение на область электричества молекулярной и атомной теорий».

Идея о существовании «атомов электричества» встала на реальную почву после открытия Фарадеем законов электролиза (1832), но впервые была высказана в виде гипотезы Гельмгольцем (1881 г.). Последний писал: «Если применить атомистическую теорию к электрическим процессам, то она с законом Фарадея приводит к поразительным следствиям. Если мы допускаем существование химических атомов, то мы принуждены заключить отсюда далее, что также электричество, как положительное, так и отрицательное разделяется на определенные элементарные количества, которые играют роль атомов электричества» (19).

Выражение «атом электричества» впервые применил Стоней (1874 г.), ему же принадлежит наименование «электрон» (1891 г.).

Экспериментальную основу электронной теории составили опыты с разрядами в газах и катодными лучами, термоэлектронные и фотоэлектрические явления, магнето-оптические явления и радиоактивность.

Опытами Милликена (1909—1914 гг.) был определен с большой точностью заряд электрона. Экспериментально было доказано, что заряд электрона представляет собой не какую-либо средне-статистическую величину, но является истинным атомом электричества.

Величина заряда электрона по последним данным равна $= (4{,}80288 \pm 0{,}00021) . 10^{-10}$ cgsE единиц количества электричества, в отличие от полученной Милликеном величины:

$$= (4{,}774 \pm 0{,}009) . 10^{-10} \text{ ед. cgsE}.$$

Сложнее обстоит вопрос с массой электрона, которая подвержена значительным релятивистским изменениям.

Дж. Дж. Томсон впервые определил отношение $\frac{e}{m}$ для электронов по их отклонению в электрическом и магнитном полях. Выяснилась зависимость $\frac{e}{m}$ от скорости электронов. Данные, полученные Кауфманом (1901 г.) показали, как меняется $\frac{e}{m}$ в зависимости от скорости электронов.

$V \frac{см}{сек}$	$\frac{e}{m}$ cgsE
$2,23.10^{10}$	$1,16.10^{7}$
$2,52.10^{10}$	$0,93.10^{7}$
$2,81.10^{10}$	$0,64.10^{7}$

Опыты Кауфмана, проверенные с большой тщательностью Бухерером, Нейманом, Гижем, Ратновским, Лаванши и другими исследователями, показали, что зависимость массы электрона от его скорости находится в весьма точном соответствии с формулой Лоренца. Тем не менее, удалось определить очень точно и массу «покоя» электрона, которая присуща ему при скоростях малых по сравнению со скоростью света.

Она оказалась также не среднестатистической величиной $m_0 = (9,1085 \pm 0,0006).10^{-28}$г., что составляет приближенно $\frac{1}{1836}$ массы атома водорода.

$$\frac{m_0}{m_н} = 1836,13 \pm 0,04.$$

Вопрос о природе массы электрона представляет особый интерес, но он в большинстве учебников даже не затрагивается, между тем такое обсуждение следовало бы противопоставить тенденции рассматривать электрон, а не заряд его, как атом чистого электричества.

Такая тенденция проводится, например, в учебнике Р. В. Поля «Нужно показать, что действительно здесь летят атомы чистого электричества или электронного газа», — говорит Р. В. Поль, имея ввиду катодные лучи (20, стр. 229).

К сожалению, неверные или путанные определения массы электрона встречаются и в более современной литературе.

А. Ф. Иоффе, например, считает, что «одного заряда достаточно, чтобы объяснить массу электрона» (21,стр. 112). И хотя он далее указывает, что кроме заряда электрон обладает рядом других качеств, например, вращательным и магнитным моментом, но в изложении неоднократно заменяет слово «электрон» термином «заряд», что верно только, если считать электрон атомом «чистого электричества».

К. А. Путилов приводит расчет радиуса электрона, основанный на предположении, что вся масса его является электрической: $a = \frac{2}{3}\frac{e^2}{mc^2} = \frac{2}{3}\left(\frac{4,8.10^{-10}}{3.10^{10}}\right)^2\frac{1}{9.10^{-28}}см = 2.10^{-13}см.$

Эта величина вошла в физику под наименованием «классического» радиуса электрона. Но известно, что если бы одни только электрические силы были сконцентрированы в шарике такого радиуса, они взорвали бы его. Такой электрон был бы неустойчивым.

В предположении, что вся масса электрона носит электромагнитный характер, содержится попытка свести разнообразие видов материи к одному виду — электромагнитному полю.

Современная наука причисляет электрон к частицам вещества в отличие от фотонов, являющихся частицами электромагнитного поля. Известно, что в теоретической физике разрабатывается полевая теория элементарных частиц, в основу которой положено представление, что каждому сорту элементарных частиц соответствует поле, квантами которого эти частицы являются. Однако, в этой теории электроны рассматриваются, как кванты электронно-позитронного, а не электромагнитного поля. Между этими полями существует тесная связь, которая, в частности, обнаруживается в явлениях рождения и «аннигиляции» пар, но эта связь не снимает, а подчеркивает их различие.

Квантовая электродинамика пришла к фундаментальному выводу, что основная масса электрона носит не электромагнитный характер. Эта идея должна найти отражение в общем курсе физики. Мы же вернемся к ней ниже.

В курсах электричества мало уделяется внимания вопросу о траектории электрона, между тем он играет важную роль в изложении.

Изучая электрический разряд в газах, возможно дать мысленную картину движения электронов между молекулами газа.

Если электрон движется в электрическом поле, напряженность которого E, то проходя расстояние Λ (длина свободного пробега электрона в газе) он приобретает энергию:

$$\frac{mV^2}{2} = e\Lambda E.$$

Но направление движения электрона, благодаря его столкновениям с молекулами, не совпадает с направлением поля, и в формуле следует брать вместо Λ, ее проекцию Λe на направление напряженности.

Скорость Vd, определяемая из формулы:

$$\frac{mVd^2}{2} = e\Lambda eE.$$

называется скоростью дрейфа электрона вдоль поля. Но кроме этой скорости электроны обладают еще и скоростью хаотического движения, зависящей от температуры газа и других факторов. В результате, движение электрона происходит по весьма сложной траектории, вдоль которой он, в конечном итоге, дрейфует в направлении электрического поля.

По мере увеличения напряжения и по мере удаления газа из трубки, траектория электрона выпрямляется. В катодном луче электроны летят прямолинейно. При достаточно высоком напряжении их траектория не зависит даже от расположения анода. Скорость электрона вполне определяется разностью потенциалов, которую он пробегает.

Под действием магнитного или электрического поля траектория электронов искривляется совершенно определенным образом и становится зависимой от действующих полей и от скорости электронов.

Демонстрации опытов с катодными лучами (23, 24) играют большую роль в формировании понятия об электроне. Они убеждают в том, что катодный луч есть поток отрицательно заряженных материальных частиц, обладающих определенной энергией и количеством движения, имеющих также вполне определенную траекторию, которая может меняться под влиянием электрических и магнитных полей. Демонстрации с катодными трубками дают возможность убедиться в том, что электроны в катодном луче движутся по определенным траекториям, а в отсутствие электрического и магнитного полей — прямолинейно.

Г. А. Лоренц обобщил данные, которыми располагала наука об электроне к концу XIX столетия, и на основе электромагнитной теории Максвелла создал классическую теорию электронов. В ней была утверждена атомистическая теория электричества.

«Поведение электронов в проводниках и диэлектиках, их участие в оптических явлениях, электронная магнето-оптика, все подробности движения электронов, объяснения их внутриатомного трения, изменение формы электрона при движении, зависимость электромагнитной массы электрона от скорости — все эти вопросы поставлены, в значительной степени разрешены и оценены с самых общих точек зрения самим Лоренцом», — пишет Т. П. Кравец в вступительном очерке к книге Г. А. Лоренца (25, стр. 14).

Применяя теорию относительности (гипотезу Фитцедже.

ральда о сокращении размеров тел в направлении их движения) Лоренц вводит понятие продольной и поперечной массы электрона и представление об электронах, как об эллипсоидах вращения, сплюснутых в направлении вращения, которые в предельном случае скорости равной скорости света превращаются в круговые диски, расположенные нормально к направлению движения.

Теория дисперсии так же, как теория излучения атома и нормального эффекта Зеемана, была развита Г. Лоренцом на основе представления о колеблющемся электроне, как о диполе Герца. Но излучение такого классического электрона должно было, как излучение антенны, состоять из основного «тона» и «обертонов», частота которых кратна основной. Закон излучения классического диполя: $f = nf_0$
где f_0 — частота основного тона, f — частота обертона, n — целое число.

Спектр должен состоять из равноотстоящих друг от друга линий: $f_0, 2f_0, 3f_0 \ldots$

Между тем, опыт давал совсем другой закон излучения для внутриатомного электрона, выраженный формулой Бальмера—Ритца—Ридберга: $f = R\left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2}\right)$,
где R — постоянная Ридберга, m и n — целые числа.

Спектр в действительности представлял собой серию сближающихся линий, стремящихся к пределу. Так теория классического электрона пришла к неразрешимому с ее позиций противоречию.

Тем не менее электрон Лоренца — предельно малая электрически заряженная материальная частичка, имеющая не только конечные размеры и внешнее поле, но и «внутренность» (25, стр. 32), т. е. внутреннюю структуру, электрон, который, подобно диполю Герца колеблясь с некоторой частотой, излучает электромагнитные волны той же частоты, вошел как целое в атомную модель Кельвина—Томсона (1902—1903 гг.). Он сохранил ряд своих черт и в более поздней модели атома Резерфорда—Бора. Но в ней старый классический электрон был поставлен в новые квантовые условия и от этого потерял свой прежний, казалось, строго очерченный облик.

В курсе общей физики понятие о классическом электроне Лоренца формируется постепенно в целом ряде разделов курса электричества. В разделе, посвященном электролизу, находит свое обоснование гипотеза о дискретности электричества. Она

развивается дальше в связи с изучением разрядов в газах, явлений термоэлектронной эмиссии, катодных лучей.

Особое значение для углубления понятия об электроне имеет разъяснение физической картины проводимости металлов и полупроводников.

Опыты Л. И. Мандельштама и Н. Д. Папалекси (1914 г.), а также опыты Стюарта и Толмена (1916 г.) (см. описание опытов 37, стр. 220) убеждают в том, что электроны действительно являются носителями тока в металлах. Однако свободный электрон в металле это понятие несомненно более сложное, чем понятие об электроне катодного луча. Рассмотрение теории теплопроводности и электропроводности в рамках классической теории затруднительно, если не сказать невозможно. Именно изучение процессов теплопроводности и электропроводности позволяет выяснить трудности классической теории электронов, показать границы ее применимости и необходимость перехода к более совершенной квантовой теории.

Вот почему нам кажется, что современное построение программы по общей физике для педагогических институтов, в той своей части, которая касается курса электричества, не способствует правильному, логически стройному формированию понятия об электроне. В этой программе (1955 г.) электронная теория проводимости, недостатки классической теории электропроводности металлов излагаются фактически до того, как изложены основы классической теории. При этом вводятся мало обоснованные квантовые представления, которые повисают в воздухе и не находят себе развития во всем дальнейшем курсе электричества.

Значительно более верной является последовательность изложения вопросов электричества в учебнике Н. В. Кашина (38). Здесь формированию понятия об электроне посвящен специальный раздел «Электрический заряд», который базируется на учении об электромагнитных процессах, рассматриваемых в учебнике ранее.

В качестве логического завершения раздела «Электрический заряд» рассматривается теория проводимости.

Здесь подчеркиваются недостатки классической теории проводимости, указывается на то, что эти недостатки преодолеваются в новой квантовой теории.

Рассмотрение проводимости с точки зрения квантовой механики рациональнее перенести в курс оптики, где понятие об электроне развивается в связи с изучением атомов.

Г. Понятие об электроне в квантовой теории строения атома

В развитии современных взглядов на строение атома теория Резерфорда—Бора сыграла огромную роль. Резерфорду мы обязаны ядерной моделью атома, которую он сумел экспериментально и теоретически обосновать. Бор внес в эту модель квантовые законы и положил этим начало современной квантовой теории атома.

В последние годы, под влиянием идей, связанных с развитием квантовой механики, некоторые физики склонны считать теорию Бора «пройденным этапом в науке». Имеются попытки обойти теорию Бора при изложении строения атома, либо ограничиться ее энергетическим содержанием, тщательно минуя вопросы структуры, конфигурации электрона и атома. Мы показали выше, что такие тенденции являются данью «ортодоксальной» интерпретации квантовой механики по М. Борну, что они навязаны физике философией позитивизма.

Теорию Бора и в том числе модель атома Резерфорда — Бора, однако, не так легко сбросить со счетов. Она просто и доступно объясняет строение спектра водорода и водородоподобных атомов. Без нее в курсе общей физики было бы чрезвычайно трудно изложить теорию магнетизма, химической валентности, с ней тесно связан периодический закон Д. И. Менделеева и множество других вопросов. Больше того, авторы курсов квантовой механики, как старых, так и новых, неоднократно ссылаются на теорию Бора, как на свой физический критерий или на метод приближенного решения (см., например, 12, стр. 183—208, или 26, стр. 167).

Без предварительного изложения теории Бора становятся беспредметными в квантовой механике понятия о стационарных состояниях, квантовых числах, механическом и магнитном моментах электрона, сами понятия о которых возникли в связи с теорией Бора и ее развитием. Можно прямо утверждать, что без основательного знания теории Бора, трудно овладеть квантовой механикой.

Вот почему в учебниках, в которых изложение темы, в угоду борновскому стилю начинается с дозволенных Гейзенбергом «наблюдаемых», т. е. энергетических уровней атома (см., например, 27), в конечном итоге по неизбежности излагается более или менее полно теория Бора и его модель атома.

45 лет прошло с тех пор, как теория и модель атома Резерфорда—Бора вошли в науку. Они выдержали испытание

временем не как абсолютная картина внутриатомного мира, (такую построить невозможно), а как некоторое приближение к ней.

Метод последовательных приближений

Если модель молекулы и атома в виде упругого шарика является **первым приближением**, без которого нельзя было бы построить кинетическую теорию газов, модель атома Резерфорда—Бора является **вторым приближением**, которое дало возможность построить удовлетворительную теорию излучения водородного и водородоподобных атомов, объяснить периодический закон Д. И. Менделеева, создать теорию магнитных явлений и т. п. и т. п., и тем самым подготовить почву для построения **третьего приближения** в квантовой механике, явившейся в свою очередь ступенью для **четвертого приближения**, данного квантовой электродинамикой. Познание физики микромира идет, таким образом, путем построения ряда последовательно приближенных ступеней все более сложных и все более точно отражающих природу атома, которая согласно ленинскому прогнозу оказывается бесконечной.

В то время как в семилетней школе изучение физики микромира ограничивается первой ступенью в системе последовательных приближений, в средней школе изучаются элементы второй ступени, т. е. теории Бора.

Теория и модель Бора лежат в основе изложения вопросов строения атома в курсе общей физики. Следовательно этот курс охватывает в основном вторую ступень в системе последовательных приближений. В курсе общей физики рассматриваются лишь элементы квантовой механики. В целом же последняя, как третья ступень и квантовая электродинамика — четвертая ступень являются предметом изучения теоретической физики.

Осуществление системы последовательных приближений в изучении строения атома охватывает единым стержнем обучение физике в школе и ВУЗ'е, правильно ориентирует в смысле оценки значения каждой из ступеней познания микромира в обучении физике, дает широкую возможность применить принцип историзма в изучении теории строения атома.

Именно так, последовательно, построено изложение строения атома в учебниках К. А. Путилова, где модель атома Резерфорда — Бора использована широко, без тех многочисленных оговорок, которые заставляют студентов недоуменно задавать вопрос: «Если «планетарную модель следует признать совер-

шенно невозможной», как об этом сказано в учебнике под редакцией Н. Д. Папалекси, — то зачем же мы изучаем ее?».

Ядерная модель атома

Кстати, наименование «планетарная модель», которую этот учебник применяет к модели Бора, явно устарело. Известно, что только в самом начале создатели этой модели указывали на ее сходство с планетной системой, но очень скоро стало ясно, что различие между ними слишком велико.

В отличие от планет, электроны в атоме двигаются в разных плоскостях. В атоме действуют электрические силы, благодаря которым электроны взаимно отталкиваются друг от друга, в то время, как планеты под действием гравитационных сил взаимно притягиваются.

Величины, характеризующие движение электронов в атоме: энергия, импульс, скорость, механический и магнитный моменты квантованны, т. е. принимают дискретные значения.

При всем этом модель атома является неоспоримо ядерной, т. е. такой, что основная масса атома сконцентрирована в весьма малом объеме ядра, а электроны (тоже крайне малые по сравнению с размерами самого атома) образуют периферию атома.

Ядерная модель сохраняется и в квантовой механике. Вот почему лишено смысла необоснованное использование в курсе общей физики (также, конечно, как в курсе школьной физики) явно устаревшего и ненаучного термина «планетарная модель», который встречается еще, к сожалению, в учебниках, диссертациях и т. п. Минимально верное, даже качественное описание модели Бора должно включать ее противопоставление планетной системе.

Обоснование ядерной модели атома должно занять значительное место в курсе общей физики. Первые опыты, свидетельствующие о том, что основная масса атома сконцентрирована в весьма малом объеме, принадлежат Ленарду (1903 г.). Это были опыты по «зондированию» атомов электронами и они показали, что при увеличении скорости электронов, так называемое «поглощающее сечение» атома уменьшается.

Подсчеты показали, что вся масса, содержащаяся в 1 $м^3$ платины занимает ничтожный объем с $^1/_3$ $мм^3$.

Наиболее убедительные опыты в этом направлении были проделаны Э. Резерфордом и его сотрудниками, избравшими в качестве орудия для зондирования атомов альфа-лучи. Опыты

и расчеты по рассеянию альфа-частиц атомами приведены в учебниках по общей физике. Мы остановимся только на выводах из этих опытов.

1) Альфа-частицы отклоняются так, что, вне всякого сомнения, в атоме существует положительно заряженное ядро, в котором сконцентрирована почти вся масса атома.

2) Размеры ядра не превышают 10^{-12}см.

Опыты неизбежно приводили к ядерной модели атома и к тому, что на его периферии расположены электроны в таком количестве, чтобы весь атом был нейтральным, т. е. чтобы их заряд равнялся положительному заряду ядра.

Мы не будем далее касаться вопросов строения ядра, которые выходят за пределы данной статьи. Укажем только, что в 1913 г. Ван дер Брек предположил, что количество электронов, расположенных в атоме вне ядра, равно числу положительных зарядов, содержащихся в ядре и равно порядковому номеру данного элемента в системе Д. И. Менделеева. Электроны образуют в атоме концентрические кольца или оболочки. Позднее стали называть концентрические кольца электронов слоями. Все слои электронов одного атома составляют его оболочку.

Если принять радиус электрона из классической теории, т. е. порядка 10^{-13}см, а размеры атома — порядка 10^{-8}см, то атом можно считать практически пустым. Наглядное представление о соотношениях размеров электрона и атома можно получить из следующих примеров:

1) Если представить себе электрон малой дробинкой ($d = 1$ мм), то размеры атома увеличатся соответственно до 100 метров.

2) Если представить себе электрон величиной с вишню ($d = 1$ см), то диаметр атома и расстояние между электронами будет измеряться в километрах.

3) В. И. Ленин в «Материализме и эмпириокритицизме» приводит такой пример: если увеличить электрон до размеров буквы в книге, атом станет соответственно величиной с многоэтажное большое здание.

В отличие от статической модели Томсона—Кельвина, в которой электроны колеблятся под действием квазиупругой силы вокруг центров равновесия только во время излучения, модель Резерфорда является динамической. В ней предполагается постоянное обращение электронов вокруг ядра.

В современной физике сохранилось представление о движении электрона вокруг ядра. Изменилось представление о самом электроне и, следовательно, о характере его движения

вокруг ядра. Известно, что атом Резерфорда оказывается неустойчивым. Электрон при излучении должен непрерывно терять энергию и, двигаясь по спирали, очень скоро упасть на ядро. Это противоречит исключительной устойчивости атомов, которая наблюдается в природе.

Сохранить модель Резерфорда удалось только благодаря работам Н. Бора, который дополнил ее идеями квантовой теории (1913 г.).

Экспериментальную основу теории Бора составили в первую очередь серии, наблюдавшиеся в спектрах излучения и поглощения атомов различных элементов.

Опыты Франка и Герца были выполнены позднее и могли служить только критерием истинности теории. Выдвижение на первый план опытов Франка и Герца при изложении теории Бора, связано обычно с подчеркиванием первостепенного значения «наблюдаемых» энергетических уровней стационарных состояний. При таком изложении ускользают весьма важные идеи.

В самом деле в опытах Франка и Герца подчеркивается наличие стационарных состояний у атома. Процесс излучения остается в тени. Если мы хотим в результате изложения строения атома перейти к современному понятию об электроне, то должны оттенить в теории Бора другой ее элемент, который впоследствии, при развитии теории, исчез под влиянием идей дополнительности, а именно — процесс излучения. В связи с этим, интересна формулировка, в которую облек свои постулаты сам Н. Бор.

В статье «О спектре водорода» Н. Бор писал: «Если в спектре какого-либо элемента имеется линия с частотой f, то мы будем следовательно, предполагать, что есть атом (или другая элементарная частица) способный излучать энергию hf. Обозначая энергию перед излучением E_1, после излучения E_2, мы найдем:

$$hf = E_1 - E_2, \text{ или } f = \frac{E_1}{h} - \frac{E_2}{h}.$$

Следует думать, что при излучении система переходит из одного состояния в другое; мы назовем эти состояния стационарными состояними для обозначения того, что они являются **остановками,** между которыми происходит излучение энергии, соответствующей данной спектральной линии» (28, стр. 21, выделено нами—Ц. Р.).

Далее Н. Бор в своей статье, где впервые была изложена

теория, показывает физический смысл термов и комбинационного принципа Ритца, строит теорию атома водорода. Весь этот материал можно найти в любом курсе общей физики. Мы же привели цитату из статьи Бора для того, чтобы показать, что именно в первоначальной теории Бора, которая сейчас зачеркивается многими, была заложена возможность, оставшаяся неиспользованной. Как видно из цитаты, Бор мыслит движение на стационарной орбите, как остановки в каком-то процессе (иначе нельзя понять слово «остановки») крайне быстром, если движение на стационарной орбите, происходящее с огромной скоростью, может по сравнению с ними рассматриваться как остановка. Этот «сверхбыстрый» процесс связан с излучением. Последнее происходит как раз между «остановками».

К сожалению, сам Бор и его последователи не пошли по пути раскрытия сущности этих процессов (будем называть их переходами), а занялись только «остановками» между ними. Центральное место в теории стали играть стационарные состояния. О процессах излучения судят только по их конечным результатам — фотонам, их рассматривают как мгновенные, все движение электронов в атоме — как дискретное.

Последнее, как известно, вызывало неоднократные возражения М. Планка, который тщательно следил за судьбой квантовой идеи и ее развитием в теории Бора.

В предисловии к 5-му изданию «Теории теплового излучения» М. Планк говорит: «Что они (стационарные состояния Н. Бора — Ц. Р.) являются единственно возможными, не следует думать хотя бы потому, что переход из одного стационарного состояния в другое ни в коем случае не может иметь скачкообразный характер, т. е. совершаться вне времени» (29, стр. 8).

М. Планк дает далее ключ к раскрытию понятия стационарного состояния. Это, согласно Планку, такие состояния электрона и атома, которые осуществляются в природе преимущественно. Дальнейшее развитие науки подтвердило этот прогноз создателя теории квантов.

Следует отметить, что концепция Д. Бома, рассматривающая явления излучения атома, взаимодействие электронов с фотонами, как непрерывные по существу и кажущиеся прерывными только по своим результатам, опирается, как на свою первооснову на первоначальную точку зрения самого Н. Бора, на взгляды М. Планка.

Первоначальная теория Бора интересна для нас потому, что именно она включена (частично) в школьную программу. Сила теории Бора заключается в том, что она позволила со-

здать не только качественную картину атома в ее втором приближении, она дала возможность количественно определить ряд характеристических элементов для атома, в первую очередь для атома водорода.

Теория дала возможность рассчитать радиусы стационарных орбит атома водорода, скорости и энергии, присущие электронам на этих орбитах.

Вот эти упрощенные расчеты:

Источником центростремительного ускорения электрона на стационарной орбите является сила Кулона. Следовательно имеет место равенство: $\frac{e^2}{r^2} = \frac{mv^2}{r}$, или $\frac{e^2}{r} = mv$;

(e, m, v — заряд, масса, скорость электрона, r — радиус орбиты).

Осуществляются по Н. Бору лишь такие орбиты, для которых произведение количества движения (импульса) на весь путь (или действие) есть величина кратная постоянной Планка:

$$mvs = nh, \text{ где } h = 6{,}62.10^{-27} \text{эрг. сек.}$$

Для круга имеем: $mvr = n \frac{h}{2\pi}$.

Целое число n называют главным квантовым числом.

Легко показать, что $r = \frac{n^2 h^2}{4\pi^2 mc^2}$.

Радиусы стационарных орбит пропорциональны квадратам главных квантовых чисел. Отсюда радиус первой боровской орбиты: $r_1 = \frac{h^2}{4\pi^2 mc^2} = 0{,}53{,}10^{-8}$см.

Радиусы остальных орбит атома водорода относятся друг к другу, как квадраты последовательного ряда целых чисел:

$$r_1 : r_2 : r_3 ... = 1^2 : 2^2 : 3^2 ... = 1 : 4 : 9 ...$$

Соответственно скорость электрона на первой боровской орбите равна: $V_1 = \frac{2\pi e^2}{h} = 2{,}19.10^8 \frac{\text{см}}{\text{сек}} = 0{,}007C$, где C — скорость света.

Скорость электрона на более удаленных от ядра орбитах будет меньше. Кинетическая энергия электрона по мере удаления его от ядра уменьшается, но общая энергия увеличивается (отрыв электрона от ядра связан всегда с поглощением им энергии). Для потенциальной энергии электрона имеем выражение:

$$Ep = -\frac{e^2}{r}.$$

Следовательно полная энергия его будет:

$$E = -\frac{e^2}{r} + \frac{mv^2}{2}.$$

Но $\frac{mv^2}{r} = \frac{e^2}{r}$, значит $\frac{mv^2}{2} = \frac{e^2}{2r}$; Отсюда:

$$E = -\frac{e^2}{r} + \frac{e^2}{2r};\ E = -\frac{e^2}{2r}$$

Полная энергия электрона принимает условно отрицательные значения.

Представление об энергии электрона на стационарных орбитах дало возможность построить энергетическую схему атома водорода.

Энергия электрона на орбите определяется величиной:

$$E = -\frac{2\pi^2 me^4}{n^2 h^2}.$$

Излучение, при переходе электрона с орбиты n_1, на орбиту n_2, имеет частоту f, величина которой определяется квантом выделившейся энергии: $En_2 - En_1 = hf$.

Последняя формула выражает правило частот или второй постулат Бора. Из него следует:

$$f = \frac{2\pi^2 me^4}{h^3}\left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right)$$

или для волнового числа $k = \frac{f}{c}$ получаем:

$$k = \frac{2\pi^2 me^4}{ch^3}\left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right)$$

Величина коэффициента $\frac{2\pi^2 me^4}{ch^3}$ совпала с величиной константы Ридберга, определенной экспериментально. Это послужило хорошим подтверждением теории Бора.

Формула дает возможность объяснить происхождение спектральных серий водорода. Известные разъяснения по этому поводу обычно сопровождаются чертежом (33, стр. 333).

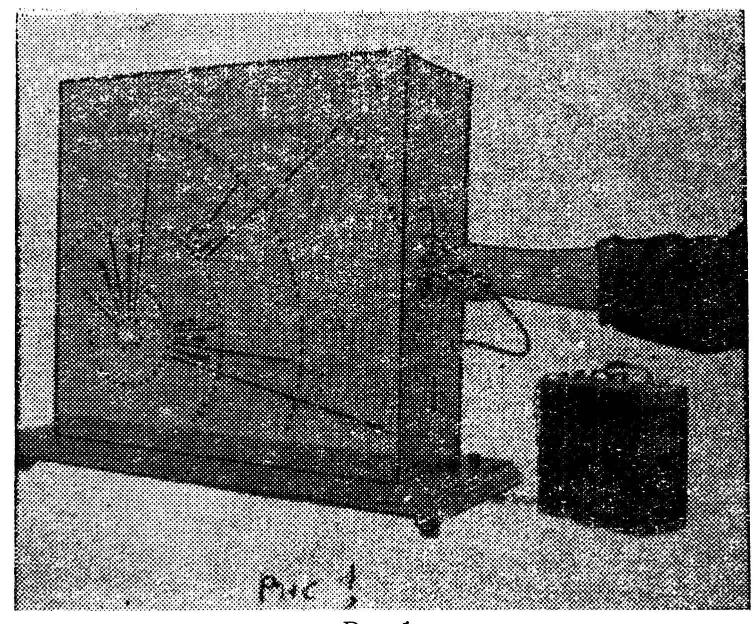


Рис. 1.

У водорода были открыты следующие серии:

а) — серия Лаймана (1906 г.) $n_1 = 1;\ n_2 = 2, 3, 4...$
б) — серия Бальмера (1885 г.) $n_1 = 2;\ n_2 = 3, 4, 5...$
в) — серия Пашена (1908 г.) $n_1 = 3;\ n_2 = 4, 5, 6...$
г) — серия Брекkета (1922 г.) $n_1 = 4;\ n_2 = 5, 6, 7...$
д) — серия Пфунда (1924 г.) $n_1 = 5;\ n_2 = 6, 7, 8...$

Все серии водорода выражаются обобщенной формулой Ридберга: $k = R\left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right)$; $R = 3{,}29.10^{15}$сек$^{-1}$ (1890 г.).

Для более наглядного представления о теории Бора могут служить всякого рода модели. В числе других может быть использована модель, сконструированная нами для лекционных демонстраций (рис. 1).

Опыт использования этой модели на лекциях в Ульяновском педагогическом институте, на обзорных лекциях для десятиклассников, показывает, что она способствует лучшему усвоению модели и теории Резерфорда—Бора, запоминанию условий получения спектральных серий атома водорода и водородоподобных ионов и атомов. Описание модели см. (30).

Наряду с этим изучается схема энергетических уровней атома водорода. Рис. 2.

На этой схеме можно разъяснить, что отрицательное значение энергий электрона в атоме условно. Взятая с положительным знаком энергия уровня означает работу ионизации атома, находящегося в данном стационарном состоянии. Схемы энергетических уровней могут быть построены для разных элементов.

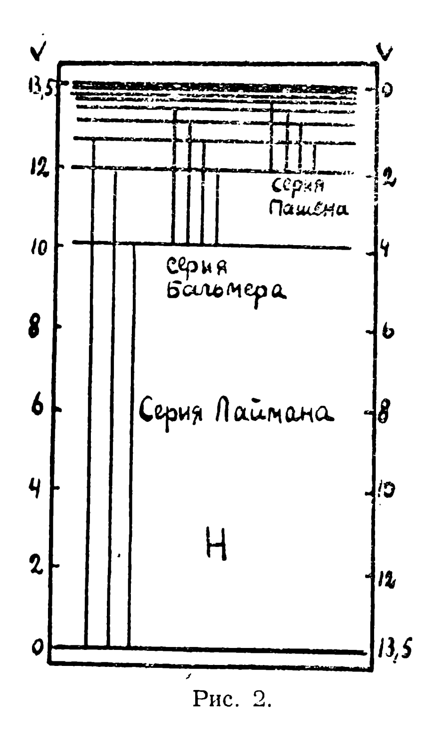


Рис. 2.

Возбуждение атомов электронными ударами

Энергетический уровень— это значение энергии электрона (или атома) в стационарном состоянии. Существование стационарных состояний экспериментально доказали своими опытами Франк и Герц (1913 г.), а также независимо от них В. И. Павлов.

Атомы характеризуются рядом дискретных значений энергии, разность между которыми измеряется в опытах по возбуждению атомов ударами электронов. Абсолютная же величина энергии стационарного состояния равна работе ионизации атома, который находится в данном состоянии.

Пусть энергия, необходимая для того, чтобы перевести электрон из одного стационарного состояния в другое равна V, тогда V называется критическим потенциалом. Потенциал, соответствующий энергии ионизации, называется ионизационным потенциалом.

Опыты Франка и Герца проводились с особой трехэлектродной лампой. На сетку подается через потенциометр положительный потенциал V_c, а на анод — небольшой тормозящий потенциал V_a. Пройдя расстояние между катодом и сеткой (без соударений с молекулами, для чего это расстояние должно быть малым) электроны приобретают энергию eV_c и в проме-

жутке между сеткой и анодом соударяются с атомами газа. Если V_c меньше критического потенциала атомов удары будут упругими. Если V_c достигает критического потенциала, происходит неупругий удар электрона с атомом, в результате которого электрон отдает свою энергию атому, а последний возбуждается. При этом ток резко падает, так как потерявшие энергию электроны не достигают анода.

На кривой зависимости силы тока от напряжения сетки получается ряд спадов, соответствующих критическим потенциалам атомов.

В опытах Франка и Герца с ртутью обнаружился критический потенциал ртути, равный 4,9 в. Это значит, что бомбардирующий электрон пройдя разность потенциалов в 4,9 в. (следовательно обладая энергией в 4,9 эл. в.) может отдать свою энергию внешнему электрону атома ртути, который за этот счет переходит из основного состояния в ближайшее к нему состояние возбуждения. Для атома ртути 4,9 эл. в. $= E_2 - E_1$.

В. И. Павлов определил у ртути критические потенциалы $V_1 = 4{,}9$ в. и $V_2 = 6{,}7$ в., соответствующие спектральным линиям $f_1 = 2537\,A^0$ и $f_2 = 1850\,A^0$ и еще кроме них ряд потенциалов, представляющих комбинацию первых двух:

$V_3 = 2.4{,}9$ в.,
$V_4 = 2.6{,}7$ в.,
$V_5 = 4{,}9$ в. $+ 6{,}7$ в. и т. д.

Это означает, что электроны могут последовательно ударять несколько атомов и возбуждать их. (Подробнее об опытах по возбуждению атомов ударами электронов см. 31, стр. 616).

Квантованность действия — основной закон движения электрона в атоме

Теория атома водорода Н. Бора, как мы видим, не внесла никаких изменений в классическое понятие об электроне. Именно поэтому в ней было так много непонятного. «Классический» электрон по своей природе должен излучать, двигаясь по орбите. Здесь электрон не излучал по непонятным причинам. Не просто было объяснить также условие стационарности орбит. В последнем так же, как и в правиле частот Бора, фигурировала постоянная Планка.

Рассмотрим эти условия рядом:

$$\begin{cases} mvs = nh \\ E_2 - E_1 = fh \end{cases}$$

В обоих условиях выступает на первый план квант действия h. Кванты энергии зависят от частоты. Они могут быть разными, в зависимости от частоты. Постоянной величиной в процессах микромира выступает элементарное количество действия. Из этого следует, что именно квантованность действия является основным законом движения электрона в атоме.

Теория Бора выглядит во многих отношениях эмпирической. Правила квантования (постулаты Бора) констатируют факты, но объясняют их не до конца.

Связь между классическими и квантовыми законами была осуществлена Н. Бором в принципе соответствия. Содержание боровского принципа соответствия сводится к тому, что в предельном случае больших квантовых чисел (и малых частот), частота испускаемого света совпадает с частотой движения электрона вокруг ядра. Механизм излучения, управляемый законом дискретности действия, содержит в себе классическую картину, как предельный случай.

Принцип соответствия сыграл важную роль в создании правил отбора, но имевшие место попытки придать ему значение основного закона микромира, не оправдались.

В специальной работе (34) мы показали, что важнейшая роль в процессах микромира принадлежит закону квантованности действия, который обобщает правила квантования для всех величин, характеризующих движение электрона в атоме. Квант действия — постоянная Планка h оказывается величиной, определяющей минимальное изменение орбитального и спинового моментов электрона, а также его ориентацию во внешних магнитных полях.

Для описания состояния электрона в атоме применяются обычно четыре квантовых числа: n — главное, l — орбитальное, m_l — магнитное, s — спиновое.

Гипотеза Юленбека и Гаудсмита (1925) обогатила понятие об электроне новым аспектом, приписав ему вращение вокруг собственной оси, отчего возникло представление об электроне, как о маленьком волчке, обладающем собственными механическим и магнитным моментами. Позднее было показано, что спин электрона имеет более сложное толкование. У электрона, который вращается вокруг собственной оси, отдельные точки поверхности имели бы скорость большую, чем скорость света, что недопустимо с точки зрения теории относительности. Но учет эффектов относительности выходит за пределы не только полуклассической теории Бора, но даже и в известной мере за пределы квантовой механики.

К тому же понятие о спине, связанное с электроном—волчком успешно используется для решения целого ряда задач о химических и магнитных свойствах атомов. Вот почему это понятие, верное только в некотором приближении, может быть использовано в школьных курсах физики и химии, а также несомненно должно найти место и в общем курсе физики пединститута.

Квантовые условия, давшие возможность решить важнейший вопрос о расположении электронов в атоме, могут быть обобщены в законе квантованности действия, который формулируется так: **Движение электрона в атоме всегда совершается так, что, в конечном итоге, величина действия оказывается измененной на целое число квантов действия.** Этот закон проявляется по-своему в каждом условии квантования (см. подробнее об этом 34).

Закон Д. И. Менделеева и строение атомной оболочки

Если основным законом, определяющим состояние и движение электрона в атоме является квантованность действия, то **основным законом, определяющим строение электронной оболочки атома является периодический закон Д. И. Менделеева.**

При изложении этого вопроса приходится использовывать и углублять знания, полученные в школьных курсах физики и химии. Время, отведенное в курсе общей физики на тему «Строение атома», разрешает остановиться лишь на основных вопросах конфигурации электронной оболочки.

Изучение атомной оболочки показало, что в соответствии с периодическим законом Д. И. Менделеева электронная оболочка атома имеет периодическое строение. Каждому периоду таблицы элементов Д. И. Менделеева соответствует определенный слой атомной оболочки. Все слои расположены концентрично вокруг ядра. По порядку расположения этих слоев от ядра они именуются K, L, M, N, O... слоями.

В то время, как электроны внешних слоев обусловливают химические и оптические свойства атомов, с электронами внутренних слоев связано получение рентгеновских лучей. Исследование характеристических спектров рентгеновых лучей привело к открытию закона Мозеля (1913). $l = (ar - b)^2$, где a и b — константы одинаковые для всех веществ.

Z — порядковый номер элемента, или заряд ядра.

Изучение характеристических лучей рентгеновского спектра является надежным методом определения заряда ядра.

Распределение электронов в слоях, соответствующее свойствам химических элементов, образующих периоды и группы в системе Д. И. Менделеева, можно получить, применяя принцип однозначности Паули (1925). Согласно этому принципу в многоэлектронном атоме все электроны должны отличаться друг от друга хотя бы одним из четырех квантовых чисел.

Количество электронов в слое оказывается функцией главного квантового числа, принадлежащего данному слою.

Максимальное количество электронов в слое равно $N = 2n^2$. В слое K ($n = 1$) может быть поэтому 2 электрона, в слое L ($n = 2$) — 8 электронов, в слое M ($n = 3$) — 18 электронов, в слое N ($n = 4$) — 32 электрона, в слое O ($n = 5$) — 50 электронов и т. д.

Д. С. Рождественским было показано (1915 г.), что число орбит у внешнего электрона атома щелочного металла должно равняться числу возможных орбит у водорода. В связи с этим строение спектров всех элементов, составляющих первую группу таблицы Д. И. Менделеева, сходно со строением спектров водорода. Но квантовые числа у щелочных металлов нуждаются в поправках. Общая формула для их спектров имеет вид:

$$\nu = R\left(\frac{1}{(m+s)^2} - \frac{1}{(n+p)^2}\right)$$

m и n имеют тот же смысл, что в формуле для водорода, s и p малые десятичные дроби.

Поляризация атомных остатков щелочных атомов приводит к расщеплению энергетических уровней, которое обнаруживается в расщеплении спектров щелочных металлов. (См. рис. 3).

Элементы 1 группы таблицы Д. И. Менделеева (Li, Na, K, Rb, Cs) обнаруживают не только одинаковые оптические, но и химические свойства. Они все положительно одновалентны, т. е. легко превращаются в положительные одновалентные ионы.

Точно также проявляют одинаковые оптические и химические свойства элементы второй группы периодической системы

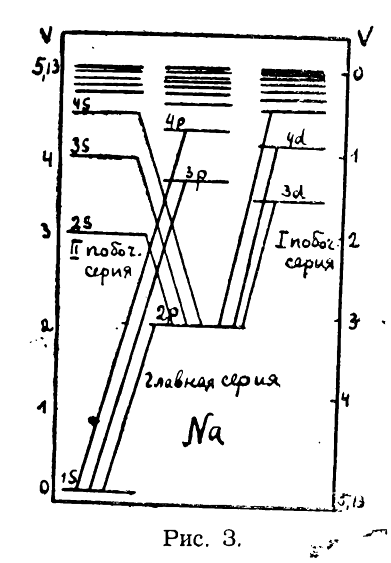


Рис. 3.

(Be, Mg, Ca, Zn, Sr, Ba). У атома этой группы имеется на внешнем слое по два электрона. Поэтому они положительно двухвалентны и т. д.

Состояние электронов в атомах обозначается символически в зависимости от значения квантовых чисел. Главное квантовое число n равное 1, 2, 3, 4... обозначается цифрой в начале символа. Значениям квантового числа $l = 0, 1, 2, 3$ соответствуют символы s, p, d, f. Значение $i = m_l + s$ обозначается малой буквой справа от символа. Так, например, символ состояния электрона, соответствующий $n = 1$, $l = 0$, $i = {}^3/_2$, будет $1S^{3/2}$.

Строение электронной оболочки имеет много тонкостей и не может быть получено одним формальным применением принципа Паули. В каждом конкретном случае взвешивается ряд обстоятельств. Рассмотрим ряд примеров:

1) Водород. Его единственный электрон обладает наименьшей энергией в состоянии $1S$ ($n = 1$; $l = 0$; $s = \pm 1$).

2) Гелий. Два электрона в состоянии $1S$ ($n = 1$; $l = 0$; $s = \pm {}^1/_2$) заполняют одноквантовую оболочку, т. е. оболочку с $n = 1$ и отличаются противоположностью спинов.

3) Литий. Слой K ($n = 1$) занят. Третий электрон располагается в новом слое L ($n = 2$), которому соответствует состояние с более высокой энергией $2S$ ($n = 2$; $l = 0$; $m_l = 0$; $S^1 = \pm {}^1/_2$).

4) Бериллий. Его четвертый электрон тоже может расположиться в состоянии $2S$ (с противоположным спином).

5) Бор. Пятый электрон не может больше расположиться в состоянии $2S$, оно занято. Тогда он переходит в состояние $2P$, ($n = 2$; $l = 1$; $m_l = -1, 0, +1$).

В состоянии $2P$ могут находиться 6 электронов. Так постепенно заполняется слой L до 8 электронов. В нем находятся все элементы от лития до неона, у которого два электрона в состоянии $1S$, два в состоянии $2S$ и шесть в состоянии $2P$.

Щелочной элемент Na начинает трехквантовый слой M ($n = 3$). Кроме прежних у него есть еще электрон в состоянии $3S$.

В состоянии $3S$ могут быть 2 электрона, в состоянии $3P$ могут быть 6 электронов, в состоянии $3d$ могут быть 10 электронов.

Следовательно в слое с $n = 3$ могут быть 18 электронов. У 18-го элемента аргона оказываются заполненными все состояния $1S$, $2S$, $2P$, $3S$, $3P$, но 19-й электрон у калия не занимает место в группе $3S$, а переходит в группу $4S$ новой (четвертой) квантовой оболочки, так как энергия в этом состоянии оказы-

вается меньше, чем в состояний $3d$. Эти последние начинают заполняться только с 21-го элемента.

Порядок застройки по аналогичным причинам нарушается еще у некоторых элементов в таблице Менделеева. Характерными в этом отношении являются лантаниды. У них заполнены все состояния с $n=1, 2, 3$. Из состояния $n = 4$ заполнены $4S$, $4P$, $4d$, а также $5S$ и $5d$. Имеется также по одному электрону в состоянии $5d$ и по два — в состояниях $6S$. У лантанидов идет постепенное заполнение состояний $4f$ слоя, энергия которых меньше, чем $5d$ или $6S$. Аналогичная картина имеет место в 7 периоде для элементов, стоящих за актинием. (Более подробно вопрос о застройке электронной оболочки атома см. 32, стр. 603—625).

Как видим, теория Бора, развитая многими исследователями, явилась мощным орудием изучения строения и излучения атома. Но теория оставалась полуклассической и поэтому ограниченной. К концу первой четверти XX века стало ясно, что теория Бора не может дать количественной картины излучения сложных атомов, она ничего не говорит об интенсивности и поляризованности излучения.

Теория Бора только описывала атом, но не объясняла его. Понятие об электроне и его структуре в теории Бора не развивается. Поставленный в новые квантовые условия, он остается по своему существу классическим электроном. В этом факте заключается причина ограниченности теории Бора. Не случайно дальнейшее развитие квантовой теории связано с резким изменением понятия об электроне, с открытием его волновых свойств.

Понятие о волновых свойствах электрона

Исходя из некоторых аналогий между механическими и оптическими явлениями, де-Бройль (1924 г.) выдвинул гипотезу о том, что с потоком движущихся частиц связан волновой процесс с длиной волны:

$$\Lambda = \frac{h}{mv}$$

где m — масса частиц, v — их скорость, h — постоянная Планка

Гипотеза де Бройля представляет блестящий пример плодотворного применения в физике метода математических гипотез.

Сравнивая выражения принципов наименьшего действия в механике и оптике, де Бройль получил выражение, связывающее

массу и скорость частицы с длиной волны и высказал гипотезу о существовании волн материи.

Дальнейшее развитие физики подкрепило эту математическую гипотезу вескими экспериментальными доказательствами. Опыты Дэвиссона и Джермера по диффракции электронов (1927 г.) доказали объективность волновых свойств электронов.

Из формулы де Бройля следует, что длина волны, соответствующей потоку электронов, зависит от их скорости. В катодном луче скорость электронов, а значит и длина волны, зависит от напряжения на электродах трубки.

Так, например, при напряжении в

1 в — λ = $1{,}23.10^{-7}$см,
100 в — λ = $1{,}23.10^{-8}$см,
1000 в — λ = $1{,}23.10^{-9}$см.

При таких напряжениях скорость электрона все еще значительно меньше скорости света.

Приведенные здесь длины волн имеют порядок величины расстояний между атомными плоскостями в кристалле. Поэтому при прохождении потока электронов через кристалл наблюдается интерференционная картина. Так и для рентгеновских лучей, различают диффракцию электронов на монокристалле и на поликристаллических пластинках. Если в первом случае картина представляет собой ряд концентрически расположенных пятнышек (Лауэграмма), то во втором получаются диффракционные кольца, как следствие многообразной ориентации кристалликов в поликристаллической пластине (Дебаяграмма).

Диффракция электронов через тонкие металлические пленки была исследована Г. Томсоном и П. С. Тартаковским. (Схема и описание опыта П. С. Тартаковского см. 32, стр. 678).

Поведение электрона в квантовой механике описывается решением уравнения Шредингера, волновой функцией. Уравнение Шредингера представляет собой математическое выражение одного из важнейших физических принципов — принципа единства волновых и корпускулярных свойств света и вещества.

В курсе теоретической физики уравнение Шредингера вводится обычно по аналогии с волновым уравнением для световых волн. В курсе общей физики вовсе нет надобности приводить уравнение Шредингера. Можно только указать, что развитие идей де Бройля привело к созданию математического аппарата, в котором существование стационарных состояний атома уже не постулируется, а естественно и логически выводится. Однако, в курсе общей физики необходимо разъяснить, что с точки зрения квантовой механики картина движения

электрона в атоме оказывается совсем другой, чем в теории Бора, поскольку сам электрон теперь связан с волновым процессом. В частности, для электрона, который движется на первой боровской орбите $V = 2.10^8 \frac{\text{см}}{\text{сек}}$

Этой скорости соответствует длина волны:

$$\Lambda = \frac{6{,}6.10^{-27}\ \text{эрг. сек.}}{9{,}1.10^{-28}\text{г.}\ 2.10^8 \frac{\text{см}}{\text{сек}}} = 3{,}5.10^{-8}\text{см.}$$

Радиус же этой орбиты $r_1 = 0{,}528.10^{-8}$см. Длина окружности этой орбиты: $S_1 = 2\pi r = 3{,}32.10^{-8}$см.

Следовательно, длина волны, соответствующей внутриатомному электрону, в несколько раз больше радиуса первой орбиты и почти совпадает с ее длиной (де-Бройль считал, что совпадение точное).

Таким образом, если представить электрон в виде волны (интерпретация Шредингера), то нужно считать массу электрона и его заряд распределенными вокруг ядра по сфере, радиус которой равен радиусу первой боровской орбиты. Здесь электрон расположен симметрично вокруг ядра ввиде сферического облака. В состоянии возбуждения это электронное облако растягивается до размеров второй квантовой орбиты, но здесь уже будет не одна волна, а две ($n = 2$). На третьей квантовой орбите уложится по длине три волны. Аналогично изменится структура и электронного облака. Шаровая симметрия его, естественно, нарушается при возбуждении.

Но, как мы говорили уже выше, интерпретация Шредингера была отклонена, признанной стала трактовка квантовой механики, по которой квадрат амплитуды волновой функции дает только вероятность того, что электрон обнаружится в некотором объеме. При этом теряется представление об электроне, как электронном облаке. Речь идет уже теперь об облаке вероятности и все, что мы говорили на предыдущей странице, остается в силе только для облака вероятности. Это нужно понимать так:

Пока электрон находится в основном состоянии (атом водорода), вероятность обнаружить его имеет максимум на сфере, радиус которой равен радиусу первой боровской орбиты и т. д.

Это вовсе не значит, что электрон будет одновременно «размазан» по всей сфере, как это пытаются иногда изобразить. Как это ни странно, иногда трактуют электронное облако в

атоме таким образом: если взять один атом (скажем водорода), то его электрон будет, конечно, в одном месте (где-то на расстоянии r_1, от ядра), но если взять огромное число атомов водорода, то их электроны, которые находятся на таком же расстоянии (все вместе) образуют электронное облако. В таком духе часто трактуют фотографии с модели электронного облака, что, конечно, неверно.

Более правильным является такое толкование, которое объясняет образование электронного облака скоростью движения электронов вокруг ядра. «При большой скорости движения электронов их вероятностное распределение в атоме за некоторый промежуток времени представилось бы нам в виде облака или туманного пятна, наиболее густого там, где вероятность нахождения электрона больше, в тех точках, в которых можно ожидать чаще его найти» (33, стр. 401).

В целом же попытки притянуть какую-то модель к борновской трактовке квантовой механики, которая по существу отрицает принципиальную возможность моделирования, не закономерны. Из всего изложенного выше следует, что чисто вероятностная интерпретация квантовой механики связана с принципиальной бесструктурностью микрочастиц, следовательно, говорить о конфигурации электрона и его протяженности в этой трактовке квантовой механики не имеет смысла.

Точно также обстоит дело с траекторией частицы, отрицание которой в квантовой механике связано с соотношением неопределенностей, утверждающим, что $\Delta p \,.\, \Delta x h$.

Мы рассмотрели (34) различные трактовки соотношения неопределенностей и подвергли критике толкование его в духе дополнительности, характерное для копенгагенской школы (14).

В курсе общей физики соотношение неопределенностей следует трактовать, как естественное следствие закона квантованности действия. Интересной и довольно наглядной в этом смысле является трактовка Ж. Васселя, который считает, что соотношение неопределенностей связано с флуктуациями импульса движущегося электрона.

М. Э. Омельяновский подчеркивает, что соотношение неопределенностей, есть свойство квантового ансамбля потока электронов, (например, вылетающих из электронной пушки), коренным образом отличающее его от классического ансамбля. Соотношение неопределенностей характеризует границы применимости классической механики и ее понятий. Оно утверждает, что микрообъекты в целом не могут быть описаны в рамках

классических понятий и представлены в привычно классических образах, т. е. утверждает корпускулярно-волновую природу частиц. Более глубокое рассмотрение значения соотношения неопределенностей выходит за рамки курса общей физики. Однако, понятие о гипотезе де-Бройля об электронных волнах имеется в программе по общей физике, поэтому в нем необходимо характеризовать квантовую механику, как новую ступень в науке, более высокую по сравнению с теорией Бора.

Успехи квантовой механики были блестящими и свидетельствуют о том, что ее математический аппарат действительно выражает важные объективно реальные физические закономерности.

Квантовая механика описывает состояние атома в тех же квантовых числах, но в отличие от боровской теории, где электрон может быть только на дозволенных расстояниях, в квантовой механике этим дозволенным расстояниям соответствует наибольшая вероятность.

Таким образом, боровские стационарные состояния оказываются только **преимущественными,** как это предполагал Планк.

Распределение вероятности имеет один максимум (шаровой слой) при $n = 1$, два максимума при $n = 2$, три максимума при $n = 3$ и т. д.

Интенсивность спектральных линий

В отличие от теории Бора, квантовая механика решила вопрос об интенсивности спектральных линий. Теория связывает вопрос об интенсивности спектральных линий с вероятностью переходов, со статистическим весом уровней и длительностью возбужденного состояния. Доступное изложение этого вопроса должно найти место в курсе общей физики, поскольку оно необходимо для формирования понятия об излучающем электроне.

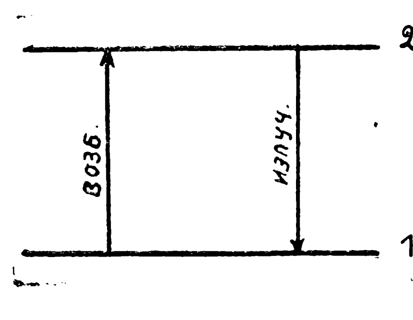


Рис. 4.

Под действием света натриевой лампы возбуждаются пары натрия. Наблюдается переход атомов с уровня (1) на (2).

После прекращения освещения количество атомов в состоянии 2 будет экспоненциально убывать:

$$dN_2\ (t) = -A_{21} N_2\ (t)\ dt,$$

где N_2 — количество атомов в состоянии 2, A_{21} — вероятность перехода 2→1.

Отсюда $N_2 = N_2(o)\, e^{-A_{21}t}$.

Обозначив $T = \frac{1}{A_{21}}$, получаем $N_2 = N_2(o)\, e^{-\frac{t}{T}}$.

T — время, за которое число возбужденных атомов убывает в e раз, называется длительностью возбужденного состояния. Если данное состояние n допускает m переходов, то

$$\frac{1}{T_n} = \sum_n A_{nm}$$

Чем больше сумма вероятностей возможных переходов, тем меньше длительность возбужденного состояния.

Квантовая механика приходит к выводу, что если с уровня K возможно два перехода, то интенсивности спектральных линий пропорциональны 4-м степеням их частот:

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{C_1}{C_2}\frac{f_1^4}{f_2^4}$$

здесь I_1, I_2 — интенсивности спектральных линий, f_1, f_2 — частоты излучаемых спектральных линий.

Коэффициенты C_1 и C_2 зависят от вероятностей переходов и могут быть определены методом крюков, который разработал Д. С. Рождественский для изучения линий поглощения.

T — длительность жизни возбужденного атома может быть не только рассчитана, но и экспериментально измерена. Один из методов сводится к тому, что свет источника проходит через керрячейку, а затем попадает в сосуд с парами вещества и возбуждает атомы. Излучаемый ими свет тоже воспринимается керрячейкой. Таким образом установлено, что $T \cong 10^{-8}$сек.

Ширина спектральной линии. Фотон.

Большое значение для выяснения понятия о фотоне имеет вопрос о ширине спектральных линий. В теории Бора свет, излучаемый атомами, состоит из фотонов, энергия которых hf, где f — частота спектральной линии, которая представляется строго монохроматичной. В действительности же каждая спектральная линия не строго монохроматична. Она обладает определенной конечной шириной, а следовательно ей соответствует некоторый интервал частот.

Естественная ширина спектральных линий оказывается меньше разрешающей способности оптических приборов. На-

пример, для спектральной линии водорода Нв отношение между естественной шириной спектральной линии и длиной ее волны: $\frac{\Delta\Lambda}{\Lambda} = 2{,}5.10^{-8}$. Обратная величина $\frac{\Lambda}{\Delta\Lambda} = 4.10^{7}$. Это больше, чем разрешающая способность оптических спектральных аппаратов, поэтому практически спектральные линии принято считать монохроматическими. Однако, современные радиоспектроскопические методы анализируют разность частот в сотни и тысячи мегагерц. С их помощью, очевидно, удастся изучить подробнее структуры многих, до сих пор не изученных, спектральных линий.

Наблюдаемые на практике спектральные линии значительно расширены за счет тепловых эффектов и эффекта Допплера (до 500 и больше раз).

То, что каждая спектральная линия фактически обладает интервалом частот, дает возможность трактовать излучение фотона, как испускание электроном группы волн или цуга волн конечной длины. Представление о фотоне, как о цуге волн дает возможность объяснить единство его корпускулярных и волновых качеств. «Фотон, — как отмечает К. А. Путилов, — это электромагнитное поле, оторвавшееся от зарядов, но сохраняющее свою целость, несмотря на то, что оно более или менее раскинуто в пространстве, как группа, пакет волн» (18, стр. 20).

Следует, однако, оговорить, что в квантовой механике фотоны трактуются, как бесструктурные элементы электромагнитного поля. Вопрос о структуре фотона, так же как и о структуре электрона, вовсе не ставится. В действительности акт испускания фотона является наиболее важным элементом картины излучения.

Химические и магнитные свойства атомов

Квантовая механика объяснила химические свойства атомов и показала, по каким законам идет их соединение в молекулы. Электровалентная связь между положительными и отрицательными полями в молекуле осуществляется за счет кулоновских сил. Так образуются гетерополярные молекулы с резко выраженной полярностью. Валентность атомов определяется числом неспаренных электронов в них. Спаренные электроны поступают в безраздельное пользование одного иона ($NaCl$, Na_2S).

Но возможен другой тип связи — ковалентный, когда неспаренные электроны разных атомов образуют пары, остающиеся в общем пользовании обоих атомов. В данном случае

возможно образование малополярной молекулы, когда общие пары электронов сдвинуты в сторону более ярко выраженного неметалла (NCl, N_2S). Возможно, однако, и образование неполярной молекулы, когда неспаренные электроны объединяются в пары, которые находятся в равном обладании обоих ионов (N_2, O_2, H_2, Cl_2).

Таким образом, число валентных связей атома в его соединениях определяется числом неспаренных электронов. Прочная связь между атомами в молекулах образуется за счет электронов с противоположными спинами, сочетающимися в пары.

Два атома, у которых неспаренные электроны имеют одинаковый спин, такой прочной связи дать не могут.

Встречаются случаи, когда спаренные в отдельном атоме электроны перестраиваются при образовании молекулы и образуют две валентности.

Квантовая механика при изучении химических явлений исходит из волновых свойств электронов. Если спаренные электроны поступают в общее пользование двух атомов, они образуют общее для обоих ядер «облако».

Объясняя связи между атомами при их соединении в молекулы, квантовая механика сумела объяснить многие детали структуры атомных и молекулярных спектров. Молекулярные спектры состоят из весьма большого числа линий, тесно расположенных и образующих характерные полосы. Энергетические уровни электронов молекулы расщепляются в результате вращательного движения самих молекул и колебаний атомных ядер.

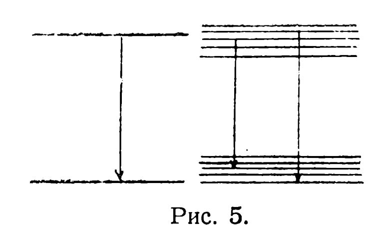


Рис. 5.

Электронные уровни.

Расщепление электронных уровней в молекуле.

Частота спектральной линии, испускаемой молекулой, определяется по формуле:

$$f = \frac{\triangle E_{эл}}{h} + \frac{\triangle E_{вр}}{h} + \frac{\triangle E_{кол}}{h}$$

$\triangle E_{вр}$, $\triangle E_{кол}$ обычно малы по сравнению с $\triangle E_{эл}$.

Магнитные свойства атомов и молекул получили в квантовой механике не только качественное, но и количественное объяснение.

Магнитные моменты атомов образуются, согласно определенным квантовым условиям из орбитальных и спиновых маг-

нитных моментов электронов. Магнитный момент, обязанный своим происхождением спину, характерен тем, что его отношение к механическому моменту вдвое больше, чем для орбитального магнитного момента.

Если суммарный магнитный момент атома отличен от нуля, то вещество приобретает магнитные свойства.

Еще в 1896 году Зееман обнаружил, что сильное магнитное поле расщепляет спектральные линии. Тщательное изучение явления показало, что при наблюдении вдоль магнитного поля обнаруживаются расщепление на две компоненты, поляризованные по кругу, а при наблюдении поперек магнитного поля — три компоненты, из которых средняя поляризована линейно вдоль поля, а две боковых — линейно и перпендикулярно к полю.

Простой (или нормальный) эффект Зеемана хорошо объясняется классической теорией Лоренца. Он может быть разъяснен с помощью модели, изображенной на рис. 6.

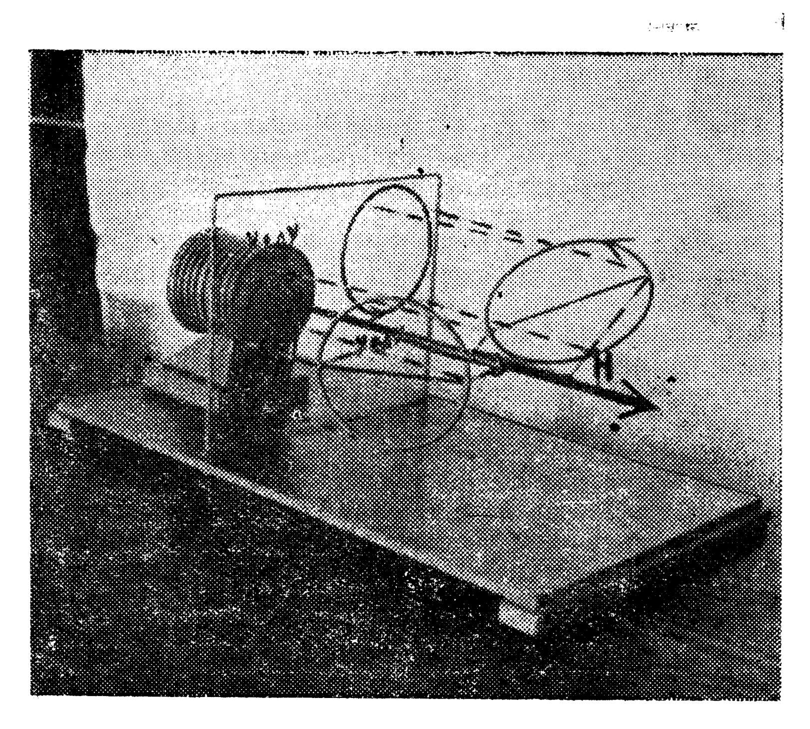


Рис. 6.

При переходе к мультиплетным линиям явление усложняется и не может быть объяснено с точки зрения классической теории. Квантовая механика объясняет явление Зеемана, также как и явления Штерна и Герлаха пространственным квантованием механического и магнитного момента атомов. В объяснении этих явлений играет важную роль магнитное квантовое число.

Здесь уместно вернуться также к теории проводимости металлов. Изложение вопроса вполне можно вести по учебнику С. А. Арцыбышева (37). Однако, изложение вопроса об энергии электронов в металлах может опираться теперь на понятие об энергетических уровнях, об отрицательной энергии электрона внутри атома. Тогда утверждение учебника «энергия электронов в металле квантованна» (37, стр. 226) будет логически обоснованной всем предыдущим ходом изложения.

Знание некоторых элементов квантовой теории дает возможность ввести представление об уровнях и зонах проводимости в твердых телах, а с их помощью создать физическую картину строения и проводимости металлов, полупроводников и диэлектриков. Это представление примерно заключается в следующем:

При сближении большого числа N одинаковых атомов образующих твердое тело, взаимодействие их электрических полей приводит к расщеплению на N состояний не только основного состояния, но и всех возбужденных состояний.

Вместо системы отдельных уровней энергии, которыми характеризуется отдельный атом, в твердом теле появляется система полос, каждая из которых представляет собой уровень атома, расщепленный на N чрезвычайно близких друг к другу уровней. Уровень атома, расщепленный на N уровней почти сливающихся между собой образует в твердом теле квантовую зону. Таким образом, энергетическая схема твердого тела представляет систему зон.

Если в исходных атомах имеются незавершенные группы валентных электронов, то в твердом теле полоса нормальных уровней окажется лишь частично заполненной, что обусловливает возможность свободного передвижения электронов в зоне. Такая зона называется зоной проводимости.

В изолирующем кристалле, например, в каменной соли происходит такое соединение атомов, что их валентные электроны образуют завершенные группы. При расщеплении уровней электронов входящих в ионы $Na+$ и $cl-$ число состояний в каждой зоне будет в точности соответствовать числу наличных

электронов. Все основные зоны уровней будут заполненными. Свободными будут возбужденные состояния всех атомов, и зона 3S атомов натрия.

Свойства электронов в полностью заполненных зонах резко отличаются от свойств свободных электронов в металлах. Здесь электрон связан. Освободиться он может только при поглощении значительной энергии извне. Источником этой энергии может быть фотон, при облучении кристалла светом. Можно возбудить кристалл также нагреванием. В последнем случае поглощение электроном энергии теплового движения тоже происходит дискретно-отдельными квантами, носители которых получили название фононов. Для чистого кристалла энергия фотона или фонона, способного вызвать возбуждение, должна быть очень большой. Иное дело, когда в кристалле имеются примеси. Такой кристалл становится полупроводником. В нем появляется ряд дополнительных уровней, облегчающих возможность освобождения и движения электронов. Некоторые примеси сами являются источниками электронов (доноры), некоторые наоборот усиленно поглощают электроны (акцепторы). В последнем случае в основном уровне кристалла образуется «дырка» (место, освобожденное от электрона). «Дырка» может диффундировать в кристалле, как и электрон, обусловливая при этом «дырочную» проводимость. Освобожденный электрон, перемещающийся в кристалле, создает вокруг себя некоторый поляризованный участок и вместе с ним образует как бы одно образование, называемое поляроном.

Представления об уровнях энергии твердого тела дают возможность построить наглядную картину кинетики процессов взаимодействия света и вещества, т. е. люминесценции, фотоэффекта и т. п.

Наряду с успехами квантовой теории в курсе общей физики необходимо указать на ее затруднения, которые были подробно обсуждены в начале этой главы, и указать на возможность пересмотра ее трактовки.

Понятие об электроне в квантовой электродинамике

Ограничимся только несколькими краткими замечаниями о новых идеях в понимании электрона, которые развиваются в квантовой электродинамике.

Релятивистское движение электрона описывается в квантовой электродинамике уравнением Дирака (1926 г.).

Это уравнение является инвариантным по отношению к преобразованиям Лоренца, т. е. удовлетворяет требованиям теории относительности.

Теория Дирака сумела объяснить в отличном согласии с экспериментом многие свойства электрона. В частности, из уравнения Дирака непосредственно вытекает наличие спина у электрона. Из этого следует, что спин является свойством, обусловленным квантовыми и релятивистскими особенностями электрона и вовсе нет необходимости отождествлять спин с волчкообразным движением электрона (такая интерпретация требовала скорости вращения электрона, при которой линейная скорость точек его поверхности превышает скорость света и была поэтому отклонена). Дирак исходил из того, что электрону присущ врожденный спиновый момент, состояние которого, по аналогии с поляризацией света, может быть всегда описано суперпозицией спинов параллельного и антипараллельного заданному направлению.

Поэтому электронная волна должна рассматриваться, как «спинорная» волна с двумя компонентами, соответствующими двум направлениям спина.

Анализ уравнения Дирака приводит к неожиданному и фундаментальному выводу, что возможны состояния электрона (решения уравнения) не только с положительными, но и отрицательными значениями энергии. Эту отрицательную энергию нельзя путать с отрицательной энергией электрона в атоме, которая носит условный характер.

Из наличия отрицательной энергии электрона следует существование антиэлектронов. Теория Дирака предсказала открытие позитрона. В ней же было развито представление о позитроне, как о «дырке» в фоне, состоящем из виртуальных (скрытых) электронов.

В последние годы был получен ряд экспериментальных данных, подтверждающих существование такого фона из виртуальных электронов, который получил название электронно-позитронного вакуума.

Применение радиоспектроскопических методов (см. 22) к изучению спектров атомов и молекул дало возможность Лэмбу и др. (1947 г.) измерить интервал частот Δf = 1000 мгц между энергетическими уровнями $2S^{1}/_{2}$ и $2P^{1}/_{2}$ у водорода, которые считались слитыми.

Одновременно Нафе, Нельсон и Раби (1947 г.), исследуя тем же методом эффект Зеемана в водороде и дейтерии, обнаружили также некоторое расхождение с теорией, которое уда-

лось объяснить Швингеру, предположившему, что магнитный момент электрона больше боровского магнетона на величину $\frac{a}{2\pi}$ Mo. Таким образом, собственный магнитный момент электрона равен: $M = \left(1 + \frac{a}{2\pi}\right) Mo$;

где a — постоянная тонкой структуры равная $\frac{e^2}{hc}$, Mo — магнетон Бора.

Сдвиг энергетических уровней атомных электронов и наличие у них дополнительного магнитного момента удалось объяснить взаимодействием электрона с вакуумом, представляющим сочетание нулевого электромагнитного и электронно-позитронного полей.

Представляется это взаимодействие так. В поле, свободном от других зарядов, электрон самопроизвольно излучает и поглощает фотоны. Среднее число фотонов в поле электрона равно нулю, но имеются нулевые флуктуации электромагнитного поля, обусловленные самодействием электрона.

Помимо нулевых флуктуаций электромагнитного поля, в вакууме существует «фон», состоящий из ненаблюдаемых (виртуальных) электронов, заполняющих все отрицательные энергетические состояния.

Если вырвать электрон из фона (он из виртуальных переходит в наблюдаемые реальные электроны), то вместе с ним появляется «дырка» в фоне или позитрон. Такое явление рассматривается, как рождение пары «электрон—позитрон». Обратный переход, т. е. совпадение электрона с «дыркой» соответствует «аннигиляции» пары с образованием двух гамма-фотонов. Одновременно эти явления представляют собой флуктуации фона.

При появлении реальных электронов фон поляризуется, (поляризация вакуума) он действует в свою очередь на электроны и вызывает сдвиг уровней их энергии.

Оказывается ,что гораздо более значительными, чем взаимодействие заряда электрона с электронно-позитронным вакуумом, являются спиновые взаимодействия, а это как раз важно для атомного электрона, обнаруживающего спин. Сдвиг уровня атомного электрона и его дополнительный магнитный момент создаются за счет разности собственных энергий между свободным электроном и электроном, связанным в атоме.

Как показали Н. Н. Боголюбов и С. В. Тябликов (1945 г.)

под действием поля электрон совершает своего рода броуновское движение и реакция поля индуцирует эффективный радиус электрона, который является средним геометрическим между комптоновской длиной волны и классическим радиусом электрона.

Квантовая электродинамика приходит также к выводу, что электромагнитная масса электрона составляет лишь часть его массы. Большая же ее часть или «затравочная» масса носит неэлектромагнитный, пока еще не разгаданный характер.

В целом квантовая электродинамика приводит к понятию об электроне, как о системе, неразрывно связанной и взаимодействующей с окружающей средой и обнаруживающей в этом вазимодействии сложную структуру. Электрон действительно неисчерпаем, как это и предсказывал В. И. Ленин (3, стр. 245).

Е. Электронная оптика — важный раздел современной техники

В учебниках по общей физике вопросы электронной оптики находят недостаточное, по их значимости в современной технике, освещение. Чаще всего дается лишь принципиальная схема электронного микроскопа, подчеркивается ее аналогия со схемой светового микроскопа. Между тем значение электронно-оптических методов в современной науке и технике непрерывно возрастает. С их помощью достигнуты новые важные результаты в области биологии, медицины, химии, геологии, физике, металлографии и т. д. (см. 35).

Основу электронной оптики составляют законы поведения электронов в электрических и магнитных полях. Эти законы изучаются в курсе электричества. Они должны быть кратко повторены при разъяснении действия электростатических и магнитных линз.

Закон преломления для электронного луча подобен закону Снеллиуса в оптике. Однако, здесь имеется важная особенность, которую необходимо отметить.

Если световой луч переходит из среды менее плотной (оптически) в среду более плотную, то имеет место соотношение: $\frac{\sin a}{\sin B} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1}$

Здесь $v_1 > v_2$

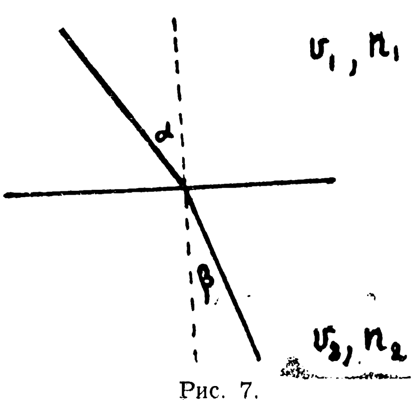


Рис. 7.

Пусть электронный луч переходит из участка поля с меньшей напряженностью в участок с большей напряженностью. Тогда имеет место соотношение:

$$\frac{\sin a}{\sin в} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

Здесь $E_1 \angle E_2$, значит $v_1 \angle v_2$.

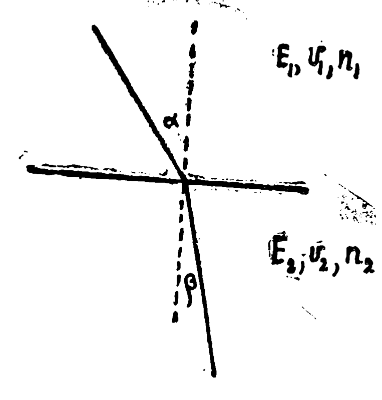


Рис. 8.

В поле с большим «коэффициентом преломления» электроны (в противоположность свету) движутся быстрее.

Попадая в поле плоского конденсатора, электрон, имеющий начальную скорость перпендикулярную к силовым линиям электрического поля, начинает двигаться по параболе. Его траектория пригибается к положительно заряженной пластине.

В электронной оптике особо важную роль играют эксиально-симметричные поля, т. е. поля симметричные относительно определенной оси. Распределение потенциала в таком поле может быть охарактеризовано функцией Ф(Z) — распределением потенциала на оси симметрии поля.

Можно показать, что аксиально-симметричные электрические поля представляют собой аналоги центрированных оптических систем. (См. рис. 9). Вместе с тем фокусирующими свойствами будет обладать только неоднородное электрическое поле. Однородное электрическое поле будет только искривлять траектории электронов, но не соберет их в одну точку. (Подробнее см. 35).

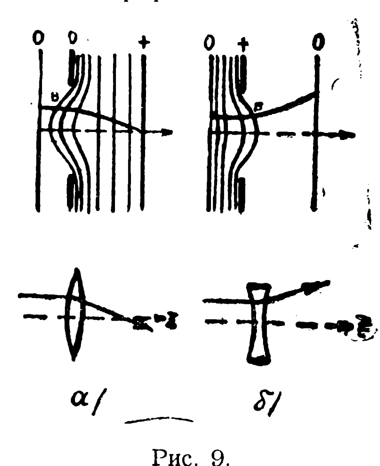


Рис. 9.

При определенных условиях любая электростатическая линза может служить электронным зеркалом. Для этого необходимо, чтобы один из ее электродов имел потенциал ниже, чем потенциал катода. Если в оди-

ночной линзе сделать средний электрод отрицательно заряженным и постепенно понижать этот потенциал, то мы получим, как показано на рис. 10 собирающее плоское и рассеивающее электронные зеркала.

В отличие от электрического, однородное магнитное поле имеет фокусирующее действие. Однако, однородное поле длиной катушки не имеет увеличивающего действия и поэтому в электронных микроскопах применяют короткие магнитные катушки, создающие неоднородные поля.

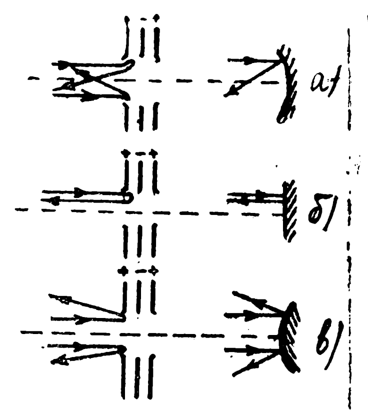


Рис. 10.

В поле короткой магнитной линзы траектория электрона преломляется, но кроме этого происходит поворот плоскости, в которой лежит траектория, на угол D тем меньшей, чем короче линза. Таким образом, все изображение, которое дает магнитная линза, оказывается повернутым на угол D.

Чтобы получить большое увеличение, необходимо иметь сильное поле на коротком участке оси Z. Для этого катушка одевается в железный панцырь с узкой кольцеобразной щелью. В щели получается поле необходимой силы.

В панцырной линзе электронного микроскопа катушка имеет 650 витков эмалированной проволоки, толщиной в 2 мм, которая включается в цепь на 220 в. Стальной панцырь с внутренним диаметром в 10 см. изготовлен из 44 мм листа. Ширина щели 4 мм. Фокусное расстояние тогда достигает нескольких сантиметров. Чтобы сделать его еще меньше, линзу снабжают полюсными наконечниками.

Преимущества магнитной линзы заключаются в том, что ее «оптические» свойства легко регулируются изменением силы тока в катушке. Кроме того, они дают меньше оберраций.

Чтобы управлять электростатической линзой, нужно менять трудно регулируемое высокое напряжение (до 50.000 в). В них часто возможен пробой.

Аберрации электронных линз могут быть геометрическими и хроматическими. Они устраняются путем подбора соответственных собирающих и рассеивающих линз.

Разрешающая способность электронно-оптических прибо-

ров определяется диффракцией и аберрацией. Разрешающая способность светового микроскопа определяется $\frac{\Lambda}{2}$, где Λ — длина волны используемого света. В электронной оптике нельзя пользоваться очень большим апертурным углом, так как это приводит к очень большой аберрации. Но разрешение все же, примерно, в 100 раз лучше, чем в световой оптике, поскольку длины волн, связанных с электронами лежат в пределах 0,05—0,01A° (для применяемых напряжений). Таким образом не диффракция, а аберрации ограничивают здесь, главным образом, разрешающую способность приборов.

Электронным микроскопом называется электронно-оптический прибор, служащий для получения сильно увеличенных изображений предметов. Практическая разрешающая способность электронного микроскопа 50 — 100A° (теоретически — 10A°). Таким образом, он может дать увеличение до 100.000 раз, в то время, как лучшие световые микроскопы — только 2.000 раз.

Источником электронных лучей в микроскопе служит электронная пушка, состоящая из вольфрамовой нити, фокусирующего электрода и анода. Излучаемые нитью электроны ускоряются полем анода, имеющим потенциал от 40 до 200 кв и фокусируются в узкий пучок. Далее он проходит конденсорную линзу, которая фокусирует его на объект, расположенный вблизи фокуса объективной линзы. Объект рассеивает лучи и они, пройдя через объективную линзу, снова фокусируются и дают в зеркальной плоскости этой линзы промежуточное увеличенное изображение. Важную роль в формировании этого изображения играет апертурная диафрагма. Рассеяние электронов на объекте зависит от его толщины и плотности. Участки с большой толщиной дают большее рассеяние. Рассеянные электроны проходят апертурную диафрагму, расположенную ниже объективной линзы. Отверстие этой диафрагмы мало, порядка 0,01 мм. Количество электронов, проходящих через это отверстие, зависит от угла рассеяния. Чем этот угол больше (объект толще), тем меньше электронов пройдет и тем меньшую интенсивность дадут они в соответствующих точках изображения.

Увеличение объективной линзы зависит от ее фокусного расстояния и ее расстояния до плоскости изображения. Оно достигает, примерно, 100 раз. Промежуточное изображение проектируется на промежуточный экран, где его можно наблюдать.

В центре этого экрана имеется отверстие, которое проектируется проекционной линзой на конечный экран, увеличенное еще в несколько сот раз. Общее увеличение равно произведению увеличений объективной и проекционной линз.

Наиболее распространенными являются магнитные микроскопы. Универсальный электронный микроскоп с магнитной «антенной» М М ГОИ сконструирован советскими конструкторами А. А. Лебедевым, В. Н. Верцнером и И. Г. Зандиным.

Микроскоп М М ГОИ состоит из колонны, в которой расположена электронная оптика, вакуумной системы и схемы питания. Расположение «оптики» в этом микроскопе идет сверху вниз. Пушка, затем панцырная конденсорная линза, ниже ее камера для объекта, которой можно с помощью специального устройства перемещать. Затем объективная линза с апертурной диафрагмой. Ее фокусное расстояние при 50 кв равно 2 мм, а увеличение достигает 20—150 раз.

Проекционная линза еще более короткофокусная (F=1 мм) дает увеличение до 200 раз. Таким образом, в целом увеличение микроскопа меняется в широких пределах от 6000 до 25000. Увеличенное изображение еще увеличивается, примерно, в 4 раза оптическим путем и, таким образом, достигается увеличение в 10000 раз.

Часто бывает достаточным увеличение в 5—10 тысяч раз. Оно может быть достигнуто малогабаритным электронным микроскопом МЭМ-50. Здесь оптика расположена наоборот, снизу вверх, что делает значительно более удобным визуальные наблюдения получаемых изображений. Этот электронный микроскоп разработан Н. Г. Сушкиным совместно с П. В. Зайцевым и О. Н. Рыбаковым.

Разрешающая способность электростатического микроскопа и его увеличение несколько ниже, чем для магнитного, но он имеет свои положительные стороны. Электростатический микроскоп не требует такой высокой стабилизации напряжения, как магнитный, для питания линз и пушки электростатического микроскопа требуется лишь один источник высокого напряжения, конструкция его линз проще, а это позволяет его сделать дешевле. В последние годы созданы конструкции, которые по качествам не уступают магнитным электроскопам.

Электронные микроскопы классифицируются также по принципу взаимосвязи электронного пучка с объектом. Различаются просвечивающие, отражательные и эмиссионные микроскопы.

В первых двух типах — объекты сами не испускают элек-

троны, а только рассеивают их (либо на «просвет», либо при отражении). В третьем типе микроскопа сам объект служит катодом. Выбор того, либо другого типа микроскопа зависит от поставленной задачи и природы объекта. Прозрачные препараты (тонкие пленки, гистологические срезы и т. д.) могут рассматриваться в просвечивающем препарате, поверхность непрозрачного объекта (металла и т. п.) — в отражательном, а процесс, происходящий в раскаленном металле, или вернее на раскаленной металлической поверхности, наблюдается в эмиссионном микроскопе (см. 35).

Во всех этих типах микроскопов изображение получается на флуорисцирующем экране, либо на фотопластинке. Существуют также микроскопы, дающие развертку электронно-оптической картины объекта (как это бывает, например, в телевидении). Это так называемые, растровые электронные микроскопы. Изображение воспринимается и наблюдается в кинескопе.

Так же, как и в оптическом микроскопе, возможны два метода наблюдения в электронном микроскопе: темнопольный и светлопольный. В случае светлопольного изображения, экрана или фотопластинки достигнут те электроны, которые прошли через объект без рассеяния и рассеянные в пределах апертурного угла. В темном поле изображение формируется только за счет электронов, рассеянных внутри апертурного угла. Таким образом, в темнопольном изображении не участвуют электроны, прошедшие через объект без рассеяния, образующие в светлом поле фон, снижающий контраст. Темнопольное изображение будет более контрастным (35, стр. 603—612). Как показали опыты последних лет, темнопольный метод позволяет обнаружить пленки почти на порядок меньшей толщины, чем в светлом поле. Переход от светлопольного метода к темнопольному может быть осуществлен наложением дополнительного магнитного поля, которое перекашивает ход лучей в микроскопе и приводит к тому, что нерассеянные электроны не попадают вовсе в апертурную диафрагму.

Электронный микроскоп дал возможность открыть ряд важных особенностей в строении клеток, с его помощью открыты возбудители ряда болезней, тонкости кристаллической структуры металлов, сплавов и т. д. Но он еще далек от совершенства и перед ним открыты большие перспективы.

Не исключается возможность, что с помощью электронного микроскопа, удастся когда-либо рассмотреть не только структуру крупных молекул, но и увидеть атомы. Обсуждая этот

вопрос, Д. И. Блохинцев утверждает, что помехой попыткам увидеть отдельный атом, будет, главным образом, служить рассеяние объектом электронов. При рассеянии возможна столь сильная отдача, что фотографируемый объект (атом) исчезнет из поля зрения. Но принципиально задача оказывается все же разрешимой (36, стр. 817).

Таким образом, политехническая часть излагаемого в общем курсе физики материала, связанного с понятием об электроне способствует углублению этого понятия, конкретизации и обогащению представлений, которые создаются на основе теоретических выкладок.

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Ленин В. И., Философские тетради. Госполитиздат. 1950 г.
2. Фридрих Энгельс, Диалектика природы. Госполитиздат. 1952 г.
3. Ленин В. И., Материализм и эмпириокритицизм. Госполитиздат. 1953 г.
4. Перышкин А. В., Курс физики, ч. 3, Учпедгиз, М. 1956 г.
5. Выгановский Н. И., Элементы квантовой теории в курсе средней школы. Диссертация. М. 1952 г.
6. Горев Л. А., Методика преподавания темы «Фотоэлектрический эффект и его практическое применение» на классных и внеклассных занятиях в X классе средней школы. Диссертация. Л. 1952 г.
7. Герасименко Т. Ф., Тема «Электрический ток в газах» в курсе физики средней школы. Диссертация. Л. 1952 г.
8. Елизаров К. Н., Основы учения о строении атома в курсе физики средней школы. Учпедгиз. 1953 г.
9. Рожков М. М., «Методика изучения темы «Строение атома» в курсе физики средней школы». Диссертация. М. 1952 г.
10. Лезгинцева С. М., Методика преподавания в средней школе темы «Излучение» на основе элементов квантовой теории. Диссертация. М. 1952 г.
11. Вопросы причинности в квантовой механике. (Сборник статей под ред. Я. П. Терлецкого и А. А. Гусева). И. Л. М. 1955 г.
12. Блохинцев Д. И., Основы квантовой механики. ГИТТА. М.—Л. 1950 г.
13. Омельяновский М. Э., Философские вопросы квантовой механики. Изд. АН СССР. М. 1956 г.
14. Рабинович Ц. М., Квантовая теория и диалектический материализм. Ученые записки УГПИ, вып. X. 1957 г.
15. А. Саддебей и М. Корнфорт, Философские проблемы квантовой физики. Сб. «Общественные деятели Англии в борьбе за передовую идеологию». Изд. И. Л.—М. 1954 г. А
16. Вавилов С. И. и Максимов А. А., «Физика». Б. С. Э., т. 57, I изд.
17. Stern A. W., Some Concepts in Modern Physics, American Iournal of Physics. № 8, Yol 21, 1953 г.

18. Путилов К. А., Курс физики, т. I. Гостехиздат. М. 1954 г.
19. Гельмгольц Г. А., Развитие взглядов Фарадея на электричество. СПБ. 1896 г.
20. Поль Р. В., Введение в современное учение об электричестве. Гос. научн. тех. издат. 1931 г.
21. Иоффе А. Ф., Основные представления современной физики. М.—Л. 1949 г.
22. Сдвиг уровней атомных электронов и дополнительный магнитный момент электрона, согласно новейшей квантовой электродинамике. Сб. стат. Изд. И.-Л. М. 1950 г.
23. Галанин Д. Д., Горячкин Е. Н., Жарков С. Н., Сахаров А. В., Павша А. В., Физический эксперимент в школе, т. VI. Учпедгиз. М. 1941 г.
24. Млодзеевский А. Б., Лекционные демонстрации по физике, вып. 4. ГИТТЛ. М. 1949 г.
25. Лоренц Г. А., Теория электронов. ГИТТА. М. 1953 г.
26. Дирак П. А., Основы квантовой механики. ОНТИ, Л.—М. 1937 г.
27. Папалекси Н. Д. (ред), Курс физики, т. II, Гостехиздат. М.—Л. 1948 г.
28. Бор Н., Три статьи о спектрах и строении атомов. Госиздат, «Мосполиграф». 1923 г.
29. Планк М., Теория теплового излучения. ОНТИ. М.—Л. 1935 г.
30. Рабинович Ц. М., Некоторые демонстрации к теме «Строение атома» курса физики средней школы. Методический сборник в помощь учителю, вып. 3, УГПИ. Ульяновск. 1958 г.
31. Ландсберг Г. С., Оптика. ГИТТЛ. 1954 г.
32. Фриш С. Э. и Тиморева А. В., Курс общей физики. т. III, ГИТТЛ, М. 1953 г.
33. Кашин Н. В., Курс физики, т. III. Учпедгиз. М. 1956 г.
34. Рабинович Ц. М., О понятии действия в общем курсе физики. Ученые записки УГПИ, вып. IX, Ульяновск. 1956 г.
35. Лебедев А. А., Электронная микроскопия ГИТТЛ. М.—Л. 1949 г.
36. Блохинцев Д. И., Атом в поле зрения электронного микроскопа. Ж. Эксперим. и теорет. физики, т. 17, вып. 9. 1947 г.
37. Арцыбышев С. А., Курс физики, ч. 2. Учпедгиз. М. 1955 г.
38. Кашин Н. В., Курс физики, II, Учпедгиз. М. 1951 г.
39. Макс Борн, Физическая реальность. УФН, т. LXII, вып. 2. 1957 г.
40. Фок В. А., Об интерпретации квантовой механики. УФН. т. LXII, вып. 4. 1957 г.

УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ УЛЬЯНОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ПЕДАГОГИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА имени И. Н. УЛЬЯНОВА
Том II, вып. 1. 1958 г.

Химия

Е. К. ВАРФОЛОМЕЕВА

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ ПО ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ

Решение экспериментальных задач способствует более сознательному усвоению программного материала по химии.

В методической литературе имеется много статей, посвященных главным образом решению экспериментальных задач по неорганической химии. По органической химии такие статьи встречаются реже, а между тем экспериментальные задачи по органической химии имеют большое значение для разрешения политехнической подготовки учащихся, воспитанию практических умений и навыков.

Нам хотелось бы поделиться опытом решения задач, служащих целям более тесной связи теории обучения органической химии и практических запросов жизни. Задачи составлены в соответствии с программой по химии. Однако мы считали полезным в некоторых случаях предложить более характерные реакции и просто выполнимые для решения поставленных в задачах вопросов.

Предлагаемые задачи можно разделить на две группы: первая решается по ходу изучения нового теоретического материала на практических и лабораторных занятиях для углубления и более четкого усвоения вопросов программы, и могут быть использованы для учета знаний учащихся.

Вторую — рекомендуется решать на химическом кружке, на химическом вечере, химической олимпиаде и других видах внеклассной работы по химии с целью углубить свои представления об органических веществах, их свойствах и изменениях в объеме несколько выходящем за пределы учебной программы. Задачи, рекомендуемые для работы на внеклассных занятиях, отмечены звездочкой.

1. Как доказать, что спирт, сахар, крахмал, глицерин содержат углерод и водород.

Решение. При помощи нагревания этих веществ в пробирке с каким-либо окислителем (обычно с окисью меди). При этом за счет углерода органического вещества и кислорода окиси меди образуется углекислый газ. Последний открывают пропусканием в раствор баритовой или известковой воды.

$$C + CuO = 2Cu + CO_2$$

$$CO_2 + Ba(OH)_2 = \downarrow BaCO_3 + H_2O$$

Водород открывают аналогично углероду, т. е. нагреванием испытуемого вещества с окисью меди. При чем за счет водорода органического вещества и кислорода окиси меди образуется вода и осаждается в виде капель на холодных частях пробирки.

2.* Как доказать присутствие азота в хлебе, мочевине, муке, зерне и т. п.

Решение. Азот можно открыть двумя способами:

I. Нагреванием испытуемого вещества с натронной известью. При чем азот выделяется в виде аммиака, который констатируют по посинению красной лакмусовой бумаги.

II способ более точный, но требует уже более четкой работы со стороны учащихся. Испытуемое вещество (0,1—0,2 г) накаливают в сухой пробирке с кусочком металлического натрия (0,2—0,3 г) на спиртовке.

При этом происходит вспышка и в случае присутствия азота в веществе образуется цианистый натрий, который извлекают водой. Для этого горячую пробирку опускают в стаканчик с 5—7 мл. холодной воды, при этом пробирка трескается и цианистый натрий растворяется в воде. Водный раствор продукта реакции отфильтровывают от кусочков стекла и к фильтрату приливают несколько капель раствора соли закиси железа и соли окиси железа ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$ и $FeCl_3$), затем соляной кислоты до кислой реакции. Образование синего осадка берлинской лазури доказывает, что вещество содержало азот. Если азота было мало в веществе, то осадок не выпадает, а раствор окрашивается в сине-зеленый цвет.

Уравнения реакций:

1. $Na + C + N = NaCN$.
2. $6NaCN + FeSO_4 \rightleftharpoons Na_4 Fe(CN)_6 + Na_2SO_4$.
3. $3Na_4 Fe(CN)_6 + 4FeCl_3 = Fe_4 [Fe(CN)_6]_3 + 12NaCl$.

3.* Как доказать, что некоторые белковые вещества (например, человеческие волосы, шерсть животных, перья птиц, тиомочевина и др.) содержат в своем составе серу.

Решение. Определить серу в органическом веществе можно следующим образом:

Испытуемое вещество нагревают в сухой пробирке с металлическим натрием (0,2—0,3 г). В случае присутствия серы в веществе образуется сернистый натрий, который извлекают водой. Раствор фильтруют и делят на две части. К одной части приливают несколько капель раствора какой-либо соли свинца. При этом выпадает черный осадок сернистого свинца или же наблюдается потемнение раствора, если вещества было взято мало.

Уравнения реакций:

$$2Na + S = Na_2S$$

$$Na_2S + (CH_3COO)_2Pb = 2CH_3COONa + PbS \downarrow.$$

Ко второй части приливают несколько капель свежеприготовленного раствора нитропруссиднатрия $Na_2NOFe(CN)_5$ — появление фиолетового окрашивания указывает на присутствие серы.

4.* Как доказать наличие хлора в органических соединениях: хлороформе, четыреххлористом углероде и др.

Решение. Так как органические вещества в основном не являются электролитами, то открыть в них галогены простым взаимодействием с $AgNO_3$ нельзя. Есть два метода открытия галогенов в органических веществах:

I. Для определения хлора в хлороформе поступают следующим образом: кусочек окиси меди закрепляют на платиновой проволочке, смазывают хлороформом и вносят в пламя спиртовки. В присутствии галогенов образуется галоидная медь, которая при нагревании улетучивается, окрашивая пламя в зеленый цвет.

II способ основан на окислении органического вещества концентрированной азотной кислотой.

Для этой цели испытуемое вещество (например, 3—4 мл. хлороформа) осторожно нагревают в пробирке с 2—3 мл. конц. HNO_3 на пламени спиртовки. Вещество окисляется, и галоген от него отщепляется. Содержимое пробирки охлаждают, разбавляют водой (2—3 мл.) и прибавляют раствор $AgNO_3$. В за-

висимости от количества хлора в веществе, выпадают либо белый осадок хлористого серебра, либо появляется белая муть, что указывает на наличие галогена в испытуемом веществе.

5. Как можно разделить смесь, состоящую из нафталина и речного песка.

Решение. Данное вещество помещают в пробирку, накрывают часовым стеклом и осторожно нагревают. Нафталин, возгоняясь, осядет в виде кристаллов на часовом стекле, а песок останется в пробирке. Можно отделить песок от нафталина по удельному весу. Для этого смесь высыпают в стакан с водой. Нафталин как более легкий всплывет наверх, а песок осядет на дно.

6.* Как доказать, что в выданном веществе содержится незначительная примесь нафталина.

Решение. Имеется качественная характерная реакция на нафталин. Испытуемое вещество в количестве 0,2—0,3 г помещают в сухую пробирку, добавляют 0,5 г свежевозогнанного хлористого алюминия и смесь нагревают на спиртовке. При этом образуется зеленовато-синее до фиолетового окрашивание сплава.

7. Удельный вес каких органических соединений, состоящих лишь из углерода и водорода, легче воды. Привести примеры.

Решение. Все предельные углеводороды легче воды. Доказать это легко, бросивши в чашку или стакан с водой кусочек парафина, он плавает на ее поверхности.

8. В трех склянках имеются: метан, этилен и ацетилен. Как их можно отличить друг от друга.

Решение. I. По характеру пламени: метан горит почти бесцветным пламенем, этилен более коптящим, а ацетилен коптящим, ярким пламенем.

II. Отношением к подкисленному раствору марганцовокислого калия. Метан его не обесцвечивает, а этилен и ацетилен обесцвечивают. Отличить этилен от ацетилена можно реакцией образования ацетиленистой меди, которую дает ацетилен и не дает этилен.

III.* Кроме того, имеется очень чувствительная качественная реакция на ацетилен, позволяющая открыть $1.7.10^{-5}$г. ацети-

лена в 4 л. газовой смеси. В этом случае 1 г. $CuSO_4 . 5H_2O$ или $Cu(NO_3)_2$ растворяют в небольшом количестве воды в колбе на 50 мл. прибавляют 4 мл. 20-процентного аммиака и 3 г. солянокислого гидроксиламина. Встряхивают и доливают водой до 50 мл. Через несколько мгновений жидкость обесцвечивается. Если в колбу с этим раствором пропустить газ, содержащий незначительные примеси ацетилена, появляется розовое окрашивание, при встряхивании колбы переходящее в красный осадок.

9. Как доказать наличие двойных связей в выданном образце каучука.

Решение. В зависимости от того, будет ли испытуемое вещество натуральным или синтетическим каучуком при сухой перегонке его в пробирке с газоотводной трубкой, будут получаться: в первом случае изопрен $CH_2 = C(CH_3) - CH = CH_2$, а во втором — бутадиен — $CH_2 = CH - CH = CH_2$.

И тот и другой содержат двойные связи и будут обесцвечивать растворы бромной воды и перманганата.

10.* Как доказать, что выданное вещество является толуолом.

Решение. Толуол открывают в виде бензоиной кислоты. Для этого два грамма испытуемого вещества нагревают в колбе на 200 мл. до 95° в присутствии 10 мл. воды и 10 мл. конц. H_2SO_4, затем постепенно вносят 6,9 граммов сухого порошка $KMnO_4$, затем смесь еще нагревают около часа на водяной бане. Раствор охлаждают и фильтуріот от выпавшей двуокиси марганца. Затем упаривают в фарфоровой чашке до 50 мл. и охлаждают. При этом выпадают блестящие кристаллы бензойной кислоты. Их отфильтровывают, высушивают на листе фильтровальной бумаги и определяют температуру плавления.

11. Какие вещества применяются для окисления спиртов.

Дать схемы реакций выделения атомарного кислорода из этих веществ.

Решение. Обычно окислителями служат: азотная кислота, хромовая смесь, хромовый ангидрид или марганцово-кислый калий. Указанные вещества распадаются по уравнениям:

$2HNO_3 \rightarrow 2NO_2 + H_2O + O$ или
$2HNO_3 \rightarrow 2NO + H_2O + 3O$ и т. д.
$K_2Cr_2O_7 + 4H_2SO_4 \rightarrow 2KCr(SO_4)_2 + 4H_2O + 3O$.
$2CrO_3 \rightarrow Cr_2O_3 + 3O$.

12. Как доказать незначительную примесь воды в этиловом спирте.

Решение. Наличие воды в спирте можно доказать, добавивши 0,5—0,7 г. безводного медного купороса ($CuSO_4$) к испытуемому раствору. Через 10—15 минут появляется интенсивная синяя окраска водного медного купороса ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$).

13. Какие характерные реакции вы знаете на метиловый и этиловый спирты.

Решение. Метиловый спирт при окислении образует формальдегид. Для этого помещают в маленькую узкую пробирку несколько капель испытуемого раствора и быстро опускают в него накаленную медную сетку, свернутую в трубочку, при этом образуется формальдегид, который узнают по характерному запаху. Характерной реакцией на этиловый спирт является образование иодоформа. Для этого испытуемый раствор нагревают до 40—50° и приливают 6 капель 10-процентного раствора едкого кали или натра и несколько капель иода в иодистом калии до появления коричневой окраски. Затем приливают еще раствора едкой щелочи до обесцвечивания раствора и охлаждают. Сразу же выпадают желтые кристаллы иодоформа (чувствительность реакции: 1 : 2000).

14. Как отличить глицерин от фенола.

Решение. Глицерин с реактивом феллинга образует яркосиний раствор комплексной соли глицерата меди. Кроме этого, характерной реакцией на глицерин является нагревание 2—3 мл. глицерина в фарфоровой чашке с 2 г. $KHSO_4$, а можно и с другими водоотнимающими веществами ($ZnCl_2$, P_2O_5, безводным, прокаленным $MgSO_4$, Na_2SO_4), при этом образуется ненасыщенный альдигид — арколеин, с резким запахом по уравнению:

$$\begin{array}{l} CH_2-OH \\ | \\ CH-OH \\ | \\ CH_2-OH \end{array} \; -2H_2O \longrightarrow \; \begin{array}{l} CH_2 \\ \| \\ CH \\ | \\ C\genfrac{}{}{0pt}{}{\nearrow O}{\searrow H} \end{array}$$

Фенол же с 0,5-процентным раствором хлорного железа образует фиолетовое окрашивание. Кроме этого, фенолы при слабом нагревании с несколькими каплями 5-процентной хлорной извести образуют синее окрашивание (чувствительность реакции: 1 : 7000).

15. Почему для обезвоживания спиртов нельзя применять хлористого кальция. Какие вещества применяются для этой цели.

Решение. Для обезвоживания спиртов нельзя применять хлористого кальция, т. к. он вступает со спиртами в химическое взаимодействие, образуя соединения, например:

$CaCl_2 . 3C_2H_5OH$, $CaCl_2 . 4C_2H_5OH$.

Обычно для обезвоживания спиртов применяют металлический магний, негашенную известь и амальгаму алюминия.

16.* В двух склянках имеются хлороформ и четыреххлористый углерод. Как их отличить друг от друга.

Решение. Характерной реакцией на хлороформ является резорциновая проба. В пробирку наливаю 1—2 мл. 10-процентного водного раствора резорцина — $C_6H_4(OH)_2$ и несколько капель раствора едкого натра и нагревают. Появляется красное окрашивание. Для открытия четыреххлористого углерода поступают следующим образом: несколько мл. исследуемого раствора помещают в пробирку и заполняют ее доверху концентрированным раствором аммиака. Туда же всыпают 0,5 г. порошкообразной полухлористой меди CuCC. Пробирку закрывают пробкой (часть жидкости при этом вытекает). Содержимое пробирки взбалтывают до растворения полухлористой меди. Через 1—2 минуты появляется темносиняя окраска в случае присутствия четыреххлористого углерода.

17. Выдано два вещества: этиловый спирт и формальдегид. Как отличить их друг от друга.

Решение. Для обнаружения спирта наливают в пробирку 1—2 мл. испытуемого раствора и бросают кусочек (0,2—0,3 г) металлического натрия. При этом выделяется водород, а натрий растворяется в спирте с образованием алкоголята по уравнение: $2C_2H_5OH + 2Na \rightarrow 2C_2H_5ONa + H_2$. Затем выпаривают 3—5 мл. этого раствора в фарфоровой чашке на водяной бане. Твердое вещество желтоватого цвета, которое образуется на дне чашки (алкоголят натрия) растворяют в 5—6 мл. воды и

приливают несколько капель раствора фенолфталеина. Жидкость окрашивается в малиновый цвет оттого, что алкоголяты спиртов представляют собой вещества непрочные и водой разлагаются с образованием щелочи и исходного спирта по уравнению: $C_2H_5ONa + H_2O \longrightarrow C_2H_5OH + NaOH$.

Формальдегид открывают при помощи характерной реакции с фуксиносернистой кислотой (фуксиносернистая кислота приготовляется пропусканием сернистого газа в раствор фуксина до его обесцвечивания, либо 100 мл. раствора фуксина (1 : 1000) смешивают с 2 мл. раствора $NaHSO_3$ (уд. в. 1,27) и прибавляют через час 1 мл. концентрированной соляной кислоты) фуксиносернистую кислоту следует хранить в тщательно закрытой склянке. Для проведения опыта к 1 мл. фуксиносернистой кислоты прибавляют каплю формалина, получается красноватофиолетовое окрашивание. Эта реакция дает возможность открыть ничтожные количества альдегидов.

18. В трех склянках имеются: формальдегид, ацетальдегид и ацетон. Как их можно различить.

Решение. Формальдегид открывают с помощью обычных реакций на альдегидную группу: фуксиносернистой кислотой, реакцией образования серебряного зеркала и восстановлением реактива фелинга.

На ацетальдегид имеются цветные реакции, (простые по выполнению) эффектные и чувствительные (этих реакций формальдегид не дает).

I.* Ацетальдегид с фенацетином и концентрированной серной кислотой при нагревании образует красное окрашивание.

II.* Ацетальдегид помещают в пробирку (1—2 мл.) и прибавляют 0,2 г. сульфаниловой кислоты, 0,2—0,5 г. солянокислого фенилгидразина, 0,2—0,9 азотистокислого натрия и два мл. раствора соды. Смесь нагревают на спиртовке. Сразу образуется вишнево-красное окрашивание (чувствительность реакции 1 : 350000).

Ацетон открывают характерной цветной реакцией с нитропруссиднатрия (проба Легаля). Для этого к испытуемому раствору приливают свежеприготовленного 1-процентного водного раствора нитропруссиднатрия и несколько капель раствора едкого натра. При этом образуется красивое красное окрашивание, не исчезающее при подкислении уксусной кислотой.

19. В двух склянках имеется уксусная и муравьиная кислота. При помощи каких реакций их можно распознать.

Решение. Пары продажной уксусной кислоты 80-процентной горят ярким голубым пламенем. Для этого испытуемое вещество (5—7 мл.) наливают в сухую пробирку, зажавши ее в деревянной держалке, и нагревают на пламени спиртовки до кипения. К отверстию пробирки подносят длинную горящую лучинку. Пары уксусной кислоты горят ярким, красивым пламенем. Этой реакции не дает муравьиная кислота.

Для обнаружения муравьиной кислоты используют реакцию образования зеркала с аммиачным раствором серебра, который готовят следующим образом: к 2—3 мл. раствора $AgNO_3$ приливают 2-процентный раствор аммиака до образования осадка, а потом доливают избыток аммиака до растворения образовавшегося осадка. Приливая к полученному реактиву небольшое количество муравьиной кислоты (3—5 мл.), образуется при нагревании угольная кислота, а окись серебра восстанавливается в металлическое серебро, оседающее в виде зеркала на стенках пробирки.

Уравнение реакции:

$$H-C\begin{matrix}\nearrow O \\ \searrow OH\end{matrix} + Ag_2O \rightarrow \underset{\underset{H_2O\;\;\;CO_2}{\downarrow\;\;\;\;\;\downarrow}}{H_2CO_3} + 2Ag$$

20. Как доказать, что выданная в сухом виде соль представляет соль органической кислоты (например, уксусной).

Решение. Известно, что органические соли при накаливании распадаются, образуя углекислые соли и различные кетоны (за исключением солей муравьиной кислоты).

Испытуемое вещество плавят в сухой пробирке на спиртовке и к охлажденному плаву приливают соляной кислоты (1 : 1).

Наблюдается вскипание жидкости вследствие выделения углекислого газа по уравнению:

$$1.\ 2CH_3-COONa \xrightarrow{\text{сплавление}} \underbrace{Na_2CO_3 + CH_3-CO-CH_3}_{\text{плав}}.$$

$$2.\ \underbrace{Na_2CO_3 + CH_3-CO-CH_3}_{\text{плав}} + HCl \rightarrow 2NaCl + CO_2 + H_2O.$$

Реагирует с соляной кислотой сода, а кетон остается без изменения. Углекислый газ пропускают в сосуд с баритовой водой.

21. Как доказать, что выданный раствор является солью уксусной кислоты.

Решение. Разделить испытуемый раствор на две части. К одной части прилить концентрированной серной кислоты. При этом из соли выделяется свободная уксусная кислота (запах и покраснение влажной синей, лакмусовой бумаги). Ко второй части приливают 2—3 мл. хлорного железа. При этом образуется красное окрашивание раствора, вследствие образования уксуснокислого железа. При кипячении этого раствора выпадает осадок основной уксуснокислой соли железа.

Уравнения реакций:

1. $(CH_3COO)_2Ca + H_2SO_4 \rightarrow 2CH_3COOH + CaSO_4\downarrow$.

2. $3(CH_3COO)_2Ca + 2FeCl_3 \rightarrow 2(CH_3COO)_3 . Fe + 3CaCl_2$.

3. $(CH_3COO)_3 . Fe + 2H_2O \xrightarrow{\text{кипячение}} (CH_3COO) . Fe(OH)_2 + 2CH_3COOH$.

22.* Как доказать, что выданное вещество представляет собой щавелевую кислоту.

Решение. I. Испытуемое вещество растворяют в небольшом количестве воды (5—6 мл.) и приливают несколько капель 20-процентного раствора азотнокислого серебра. Выпадает белый осадок (винная, лимонная, яблочная кислоты не дают осадка с $AgNO_3$).

II. Щавелевую кислоту можно открыть и цветной реакцией. Для этого 5 мл. раствора щавелевой кислоты нагревают с небольшим количеством резорцина. После растворения резорцина раствор охлаждают и осторожно приливают 5 мл. концентрированной H_2SO_4, стараясь не смешивать слои. Появляется темносинее кольцо в месте соприкосновения двух жидкостей. Иногда кольцо появляется лишь после вторичной добавки серной кислоты (реакции не мешают присутствие муравьиной, уксусной, винной, лимонной, малеиновой, янтарной и бензойной кислот).

Реакция характерна, очень чувствительна и проста по выполнению.

23.* Как доказать наличие яблочной кислоты в яблоках.

Решение. Яблоки измельчают. Выжимают сок, фильтруют через марлю. Затем поступают следующим образом: растворяют 0,5—1,0 г. В — нафтола в 5 мл. концентрированной H_2SO_4 и приливают по каплям к испытуемому раствору. Образуется

зеленое окрашивание, при прибавлении воды переходящее в светложелтое с синеватой флуоресценцией.

24.* Как открыть d — винную кислоту в виноградном соке.

Решение. Получить сок из ягод винограда, как и в предыдущем случае. При приливании 2—3 мл. водного раствора $FeSO_4 . 7H_2O$, 2 мл. 3-процентной перекиси водорода и нескольких капель едкого натра, появляется фиолетовое окрашивание (этой реакции не дают щавелевая, янтарная, лимонная, яблочная и бензойная кислоты).

25.* Как доказать наличие в лимонах лимонной кислоты.

Решение. Получить лимонный сок из лимона, как и в двух предыдущих случаях. Разделить его на две порции и добавить 3—5 мл. воды.

I. К одной порции прилить азотнокислого кобальта, насыщенного раствора и избыток едкого натра — появление темно-синего окрашивания свидетельствует о наличии лимонной кислоты.

II. При слабом нагревании с 20-процентным раствором молибденовокислого аммония и 5 мл. 3-процентной перекиси водорода — чисто желтое окрашивание — при наличии лимонной кислоты.

26.* Как доказать, что выданное твердое, кристаллическое вещество является бензойной кислотой.

Решение. Раствор, содержащий 0,003 грамма бензойной кислоты с 3—5 каплями концентрированного раствора $FeCl_3$ дает осадок оранжевого цвета на холоду (в 1000 мл. воды при 15° растворяется 2,58 грамма бензойной кислоты).

27. Как отличить растительное масло от минерального (например, конопляное, подсолнечное, льняное от солярового, веретенного, машинного, трансформаторного).

Решение. Растительные масла при нагревании их со щелочами, омыляются, т. е. образуют соли высших жирных кислот (мыла), а минеральные масла не омыляются.

28. Как доказать, что в льняном масле имеются двойные связи.

Решение. Если к 1 мл. льняного масла прилить 1 мл. бромной воды, то при взбалтывании раствора наблюдается обесцвечивание бромной воды, вследствие присоединения брома по двойным связям.

29. Как отличить раствор мыла от раствора белка.

Решение. Раствор мыла дает с раствором фенолфталеина малиновое окрашивание, а кроме того, с растворами $CaCl_2$, $Pb(NO_3)_2$ образуют нерастворимые соли высших жирных кислот.

Раствор белка характеризуется цветными реакциями (биуретовой, ксантопротеиновой). При прибавлении к раствору белка едкой щелочи ($NaOH$ или KOH) и нескольких капель раствора медного купороса получается красивое фиолетовое окрашивание. Это биуретовая реакция.

2. Ксантопротеиновая реакция. К 2—3 мл. испытуемого раствора приливают 3—4 мл. крепкой HNO_3 и нагревают на спиртовке. При этом выпадает желтый осадок.

При приливании аммиака к остывшему раствору, окраска переходит в оранжевую. Желтые пятна на руках от неосторожного обращения с HNO_3 — ксантопротеиновая реакция с белком кожи.

30. Как можно из мыла получить высшие жирные кислоты в свободном виде.

Решение. К небольшому количеству водного раствора мыла (мыло лучше растворяется в воде при нагревании) прилить несколько капель 10-процентного раствора H_2SO_4 при этом выделяется осадок свободных жирных кислот.

31. Имеются три склянки с водными растворами: глюкозы, фруктозы и крахмала, а в четвертой — раствор целлюлозы в концентрированной серной кислоте. При помощи каких реакций их можно отличить друг от друга.

Решение. Глюкоза может быть обнаружена реакцией образования серебряного зеркала и восстановлением реактива феллинга.

Характерной реакцией на фруктозу является красное окрашивание при нагревании ее с концентрированной соляной кислотой и резорцином. К 3 мл. испытуемого раствора фруктозы

приливают 1 мл. концентрированной соляной кислоты и прибавляют несколько кристалликов резорцина $C_6H_4(OH)_2$. При кипячении смеси получается красное окрашивание. Крахмал обнаруживают реакцией с иодной настойкой — синее окрашивание.

Характерной реакцией на целлюлозу (заранее растворяют немного ваты в концентрированной H_2SO_4) является синее окрашивание при действии на нее хлорцинкиода (—раствор иода в водном растворе. $ZnCl_2$, или $ZnSO_4 + Ky$).

32. Как отличить анилин от аминокислоты (например, от гликокола).

Решение. Анилин, обладая основными свойствами ввиду наличия в его молекуле аминогруппы (NH_2), образует соли при приливании к испытуемому раствору соляной, или серной кислоты. Аминокислота вследствие наличия в ней NH_2 и $COOH$ групп обладает амфотерными свойствами. При кипячении аминокислоты с окисью меди, жидкость окрашивается в интенсивно-синий цвет, вследствие образования медной соли аминокислоты, например:

$$\begin{matrix} CH_2 - NH_2 \\ | \\ COOH \end{matrix} + CuO + \begin{matrix} CH_2 - NH_2 \\ | \\ COOH \end{matrix} \quad \begin{matrix} CH_2 - NH_2 & & CH_2 - NH_2 \\ | & & | \\ COO & \diagdown \quad \diagup & OOC \\ & Cu & \end{matrix}$$

33. В двух склянках имеются бензол и нитробензол. При помощи каких реакций их можно различить.

Решение. I. Характерной цветной реакцией на бензол и нитробензол является их отношение к бромной воде. Для этого поступают следующим образом. К испытуемым растворам бензола и нитробензола приливают по 5 мл. бромной воды и содержимое пробирок сильно встряхивают. Растворы в пробирках расслаиваются: в пробирке с бензолом верхний слой окрашен в оранжевый цвет, а нижний, водный слой бесцветен. В пробирке с нитробензолом верхний водный слой бесцветен, а нижний окрашен в слабо желтый цвет.

II. Нитробензол можно открыть еще и следующим образом: к 2 мл. испытуемого раствора прибавляют 1 грамм чистого едкого кали (твердого) и смесь встряхивают — появляется красивое зеленое окрашивание. При прибавлении воды, верхний зеленый слой становится красным. При наличии нитро-

бензола в испытуемом образце до 10 граммов, можно его распознать при помощи реакции восстановления в анилин.

34. Как можно выделить анилин из солянокислого и сернокислого анилина (последние выданы в виде порошков).

Решение. Испытуемые вещества поместить в две пробирки по 0,2—0,3 грамма и прилить избыток едкого натра. На поверхности раствора выделяются маслянистые капли свободного анилина.

Реакция идет по уравнению:

1. $C_6H_5 - NH_3 . HCl + NaOH$ — $C_6H_5 - NH_2 + NaCl + H_2O$.

2. $C_6H_5 - NH_3 . HSO_4 + 2NaOH$ — $C_6H_5 - NH_2 + Na_2SO_4 + 2H_2O$.

35. Как доказать наличие следов анилина в воде. (одна капля анилина на 25 мл. воды).

Решение. К испытуемому раствору приливают 2—3 мл. свежеприготовленного и отфильтрованного от твердых частиц раствора хлорной извести. Сразу же появляется интенсивное фиолетовое окрашивание (чувствительность реакции 1 : 26000).

36. И фенол, и салицилловая кислота дают с водным 0,5-процентным раствором $FeCl_3$ интенсивную фиолетовую окраску. Как отличить эти вещества, имея окрашенные растворы их.

Решение. Отличием этих растворов является их отношение к этиловому спирту. При приливании этилового спирта к обоим растворам, фиолетовая окраска исчезает в той пробирке, где имеется раствор фенола, а фиолетовая окраска салициловой кислоты не исчезает от прибавления этилового спирта.

37.* Выданы два вещества — оба белого цвета, оба кристаллические. Как доказать, что одно вещество мочевина, а другое — тиомочевина.

Решение. Качественной реакцией на мочевину является биуретовая реакция.

Тиомочевина может быть открыта реакцией с железистосинеродистым калием — $K_4Fe(CN)_6$, т. е. желтой кровяной солью. К 5 мл. испытуемого раствора (для этого выданное сухое вещество растворяют в воде при нагревании) приливают 2—3 мл. водного концентрированного раствора $K_4Fe(CN)_6$ и несколько капель уксусной кислоты. Сначала образуется зеленое,

а затем синее устойчивое окрашивание. При стоянии синяя окраска исчезает и вновь появляется при приливании новой порции желтой кровяной соли.

В заключение следует отметить, что решение экспериментальных задач по органической химии приближает учащихся к практической жизни, дает им возможность проявить себя в качестве экспериментаторов, будит их мысль, развивает сообразительность, наблюдательность, расширяет их кругозор, прививает практические умения и навыки.

Часть приведенных в статье задач решена с учителями химии средних школ г. Ульяновска в апреле 1956 года на специально организованном занятии, а другая часть на практических занятиях по органической химии и на химическом кружке со студентами III курса Ульяновского пединститута имени И. Н. Ульянова.

ЛИТЕРАТУРА

1. Цветков Л. А., Органическая химия, Учпедгиз. 1954 г.

2. Шелинский Г. И., Задачи и упражнения при изучении органической химии. Учпедгиз. 1954 г.

3. Смирнов А. Д. и Шелинский Г. И., журнал «Химия в школе» № 2. 1954 г.

4. Хайков В., журнал «Химия в школе» № 6. 1951 г.

5. Карелин П. И., журнал «Химия в школе» № 1. 1954 г.

УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ УЛЬЯНОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ПЕДАГОГИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА имени И. Н. УЛЬЯНОВА
Том II, вып. 1. 1958 г.

П. К. БУДЫХО и З. Г. ЗОЛОТОВА

ДЕМОНСТРАЦИОННЫЙ ОПЫТ В СВЯЗИ С ИЗУЧЕНИЕМ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА

При изучении химии в средней школе часто приходится знакомить учащихся с плотностью того или иного газа. В методической литературе имеется описание трех опытов, демонстрирующих плотность углекислого газа (опыт переливания из стакана в стакан, тушение свечей и переливание углекислого газа сифоном).

Мы предлагаем новый, в литературе неописанный, простой и в то же время наглядный опыт для демонстрации того, что углекислый газ «тяжелый газ». Опыт рекомендуется проводить на уроке при изучении темы «Углекислый газ». «Его получение, свойства и применение» в IX классе.

Заранее, до урока, учитель наполняет стеклянный аквариум углекислым газом, время от времени проверяя степень его заполнения горящей лучинкой, или поставивши зажженную свечу на дно аквариума нужной высоты, отвечающей верхнему горизонту газа в сосуде (рис. 1).

Наполнение аквариума углекислым газом можно производить и во время урока, когда идет объяснение способа получения его. С тем, чтобы при переходе к его свойствам, не затрачивать на это времени (обычно на заполнение аквариума затрачивается около 2 минут). Лучше всего опыт удается, когда углекислым газом заполнено ³/₄ объема аквариума. Одновременно и тоже заранее следует приготовить и мыльную пену. Для этого небольшой кусочек туалетного мыла, лучше земляничного, измельчают в стружку в фарфоровой чашке или ступке, добавив туда 2—3 капли глицерина и 5—6 мл. дистиллированной, или кипяченой воды. Смесь взбалтывают в мыльную пену щеточкой для бритья. Затем на стеклянную трубку диаметром приблизительно 1—1,2 см. и длиной 8—9 см. надевают резиновую трубку и ртом выдувают мыльные пузырьки, сбра-

Заполнение аквариума углекислым газом

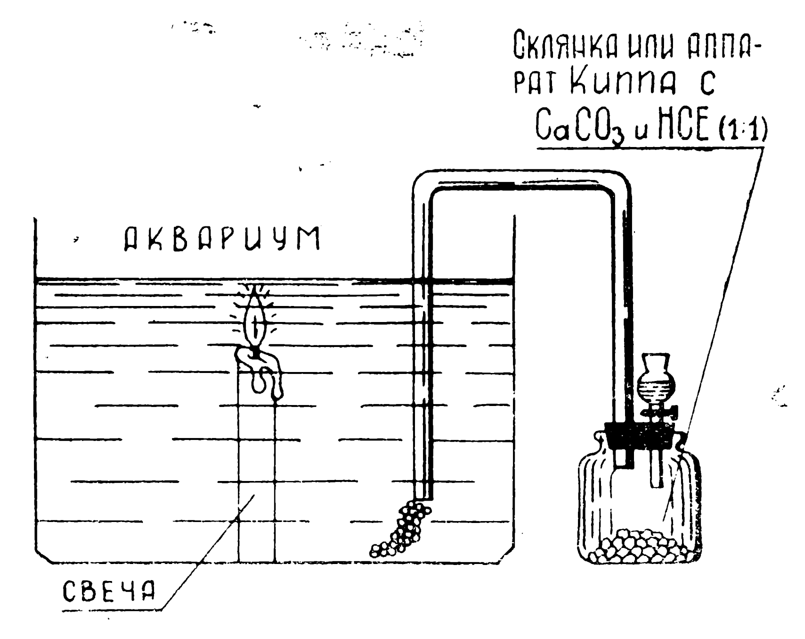


Рис. 1.

сывая их с трубки в аквариум с углекислым газом (чем шире диаметр стеклянной трубки, тем крупнее получается мыльный пузырь и тем нагляднее становится опыт (рис. 2).

Мыльные пузыри, наполненные воздухом, ударяясь о слой углекислого газа в аквариуме, отскакивают от него, как резиновые мячи от твердой поверхности. Параллельно можно провести опыт наполнения мыльных пузырей кислородом и сбросить их в аквариум. Они также «пружинисто» выталкиваются из аквариума «невидимой подушкой» из углекислого газа. Полезно рядом иметь пустой аквариум, не наполненный углекислым газом и сбросить в него пару мыльных пузырей. Они долетят до дна и лопнут.

ВЫТАЛКИВАНИЕ МЫЛЬНЫХ ПУЗЫРЕЙ УГЛЕКИСЛЫМ ГАЗОМ

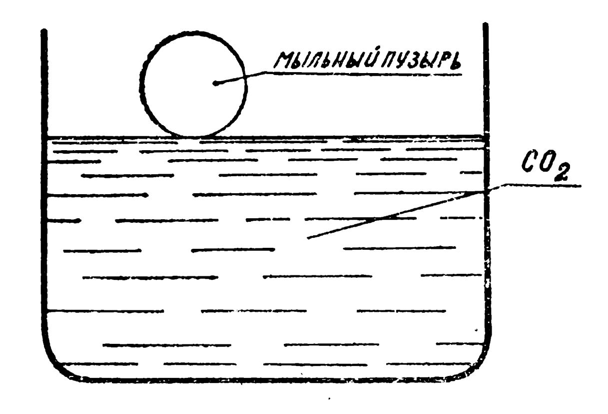


Рис. 2.

В результате опыта учащиеся наглядно представляют одно из главных физических свойств углекислого газа — его плотность по отношению к воздуху и к кислороду. А знание свойств веществ и их использование в практической жизни является важнейшим условием приобретения учащимися прочных и систематических знаний основ химии, сознательного усвоения ими химических фактов, в свете ведущих химических теорий, на что особо обращает внимание учителей XX съезд КПСС.

ЛИТЕРАТУРА

1. Верховский В. Н., «Техника и методика химического эксперимента в школе», Т. II, стр. 367—369. 1952 г.

2. Егоркин В. Ф., «Уроки химии в VII классе». Стр. 107—108, Издание А.П.Н. 1952 г.

3. Глинка Н. Л., «Общая химия». Стр. 436—437. 1955 г.

СОДЕРЖАНИЕ

Ботаника

Зоология

Физика

Методика химии

Тех. редактор **Петров В. Ф.**
Корректор **Афанасьев Н. С.**

ЗМ 01378. Заказ № 1980 Тираж 300 экз.
Сдано в набор 23/VI-1958 г. Подписано к печати 3/VIII-1958 г.
Формат бумаги 60 × 92 1/16. Объем 13 1/2 печатных листа.

г. Мелекесс, Комсомольская, 101, тип. имени Аблова.